

AUS DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG  
PROF. DR. RENÉ MÜLLER-WILLE  
RÖNTGENDIAGNOSTIK

Präoperative computertomografische Angiografie von Patienten mit arteriellen  
Gefäßerkrankungen: Prävalenz und  
Signifikanz extravaskulärer Zufallsbefunde

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Larissa Sarah Turowski

2020



AUS DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG  
PROF. DR. RENÉ MÜLLER-WILLE  
RÖNTGENDIAGNOSTIK

Präoperative computertomografische Angiografie von Patienten mit arteriellen  
Gefäßerkrankungen: Prävalenz und  
Signifikanz extravaskulärer Zufallsbefunde

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Larissa Sarah Turowski

2020

Dekan: Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter: Prof. Dr. René Müller-Wille

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Karin Pfister

Tag der mündlichen Prüfung: 07.12.2020

# Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung .....	6
1.1.	Abstract .....	6
1.1.1.	Ziel .....	6
1.1.2.	Material und Methoden .....	6
1.1.3.	Ergebnisse .....	6
1.1.4.	Schlussfolgerung .....	7
1.2.	Abstract .....	8
1.2.1.	Purpose .....	8
1.2.2.	Material and methods .....	8
1.2.3.	Results .....	8
1.2.4.	Conclusion .....	8
2.	Einleitung .....	9
2.1.	Arterielle Gefäßerkrankungen .....	9
2.1.1.	Aortenaneurysma .....	9
2.1.2.	Aortendissektion .....	13
2.1.3.	Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) .....	17
2.2.	Bildgebende Diagnostik von Gefäßerkrankungen .....	20
2.2.1.	Computertomographie .....	20
2.2.2.	Technologie .....	21
2.2.3.	Spiral-CT .....	22
2.2.4.	Multidetektor-CT .....	22
2.2.5.	Dual-Source-CT .....	23
2.2.6.	Kontrastmittel .....	24
2.2.7.	Präoperative Planung basierend auf der Computertomographie: .....	
	Die Konsequenzen .....	25
3.	Fragestellung .....	26

4.	Material und Methoden .....	27
4.1.	Ethikvotum .....	27
4.2.	Patientenkollektiv .....	27
4.2.1.	Einschlusskriterien: .....	27
4.2.2.	Ausschlusskriterien: .....	28
4.2.3.	Mehrschichtige computertomographische Angiographie .....	29
4.2.4.	Datenerhebung .....	30
4.2.5.	Erhobene Variablen .....	30
4.2.6.	Bildanalyse .....	31
4.2.7.	Klassifikation von Zufallsbefunden .....	31
4.2.8.	Klinischer Verlauf .....	32
4.2.9.	Statistische Analyse .....	33
5.	Ergebnisse .....	34
5.1.	Klinisch nicht relevante Befunde .....	35
5.1.1.	Exemplarische Beispiele .....	37
5.2.	Klinisch relevante Befunde .....	38
5.2.1.	Nicht maligne Befunde .....	38
5.2.2.	Maligne Befunde .....	39
5.2.3.	Exemplarische Beispiele .....	44
6.	Diskussion .....	48
7.	Conclusio .....	51
8.	Abkürzungsverzeichnis .....	52
9.	Literatur .....	53
10.	Danksagung .....	57
11.	Lebenslauf .....	58
12.	Veröffentlichung .....	60
	Kongressbeitrag .....	60

Original Publikation..... 60

# **1. Zusammenfassung**

## **1.1. Abstract**

### **1.1.1. Ziel**

Evaluation der Prävalenz und Signifikanz von unerwarteten extravaskulären Befunden in Ganzkörper-computertomographischen-Angiographie-Scans (CTA) vor endovaskulärer oder chirurgischer Behandlung von Gefäßpatienten

### **1.1.2. Material und Methoden**

Es wurden radiologische Befunde von Patienten, die eine Ganzkörper-CTA im Zeitraum zwischen Januar 2004 und Dezember 2014 vor endovaskulärer oder chirurgischer Therapie von Erkrankungen der Gefäße erhielten, retrospektiv aufgearbeitet. Alle unerwarteten extravaskulären Befunde wurden als klinisch nicht relevant (Verlaufskontrollen nicht indiziert) oder klinisch relevant (Verlaufskontrollen/sofortige Behandlung indiziert) klassifiziert. Der weitere Verlauf von Patienten mit klinisch relevanten extravaskulären Befunden wurde retrospektiv evaluiert.

### **1.1.3. Ergebnisse**

Es wurden 806 Patienten in diese Studie eingeschlossen (592 Männer; Durchschnittsalter 67 Jahre). Bei 778 (96,5%) von 806 Patienten wurden insgesamt 3293 extravaskuläre Zufallsbefunde festgestellt. Darunter befanden sich 259 suspekte Befunde bei 205 Patienten (25,4%), die Verlaufskontrollen oder eine sofortige Behandlung erforderten. Ein bis dahin unbekanntes Malignom wurde bei 23 Patienten (2,9%) diagnostiziert, darunter waren zehn Patienten (1,2%) mit einem Lungenkarzinom. Bei Männern wurden mehr maligne Tumoren nachgewiesen als bei Frauen (3,5% versus 0,9%;  $p = 0,055$ ; Fisher Test). Patienten mit einem zufällig entdeckten malignen Tumor waren signifikant älter als Patienten ohne Tumorbefund (Durchschnittsalter 72,3 vs. 67,5 Jahre).



#### **1.1.4. Schlussfolgerung**

Klinisch relevante extravaskuläre Zufallsbefunde treten häufig bei Gefäßpatienten auf. Besonders beachtenswert sind maligne Tumore der Lunge.

## **1.2. Abstract**

### **1.2.1. Purpose**

Evaluation of the prevalence and significance of unsuspected extravascular findings on computed tomography angiography (CTA) of the body before endovascular or surgical treatment in vascular patients

### **1.2.2. Material and methods**

Radiology reports of 806 patients who underwent CTA of the body during January 2004 until December 2014 before endovascular or surgical treatment of vascular diseases were retrospectively reviewed. All unexpected extravascular abnormalities were classified into clinically non-significant (requiring no follow-up) or clinically significant (requiring further follow-up/immediate treatment). The course of patients with significant extravascular findings was retrospectively evaluated.

### **1.2.3. Results**

Overall 806 patients were included in this study (592 men; mean age, 67 years). In 778 (96.5%) of 806 patients 3293 incidental extravascular findings were diagnosed. There were 259 suspect findings in 205 patients (25.4%) that required further follow-up or immediate treatment. A so far unknown malignant tumor was diagnosed in 23 (2.9%) patients. Ten patients (1.2%) were diagnosed with lung cancer.

In men malignant tumors were more often detected than in women (3.5% versus 0.9%). Patients with an incidental tumor were significantly older than patients without a tumor (mean age, 72.3 vs. 67.5 years).

### **1.2.4. Conclusion**

Clinically significant unexpected extravascular findings are common in vascular patients. Especially noteworthy are malignant tumors of the lung.

## **2. Einleitung**

### **2.1. Arterielle Gefäßerkrankungen**

Zu den häufigen Gefäßerkrankungen gehört das Aortenaneurysma, die Aortendissektion und die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK). Diese Erkrankungen werden im Folgenden kurz dargestellt.

#### **2.1.1. Aortenaneurysma**

Das Aortenaneurysma bezeichnet eine Aussackung der Gefäßwand der Aorta. Die Einteilung erfolgt nach der Lokalisation, wobei das infrarenale Bauchaortenaneurysma die höchste Inzidenz hat. Meist sind Aortenaneurysmen symptomlos und fallen als Zufallsbefunde auf oder im Rahmen von Komplikationen wie einer Ruptur mit fulminantem, lebensbedrohlichem Verlauf. Diagnostisch stehen die Sonographie und die CTA oder MR-Angiographie zur Verfügung. Bei kleinen, nicht progredienten Befunden reicht eine konservative Therapie mit Verlaufskontrollen aus, während bei großen, progredienten oder symptomatischen Aneurysmen eine endovaskuläre oder chirurgische Therapie indiziert ist. Komplikationen wie eine Ruptur oder Dissektion haben eine sehr schlechte Prognose [1–3].

#### **Definition**

Unter Aortenaneurysma versteht man die irreversible, pathologische Aussackung der Gefäßwand [4].

#### **Epidemiologie**

Das thorakale Aortenaneurysma ist mit einem Auftreten von ca. 3% aller Aortenaneurysmen selten. Das Bauchaortenaneurysma (BAA) ist weitaus häufiger mit einem Gipfel bei 60 bis 70-jährigen und korreliert mit verschiedenen

Risikofaktoren. Die wesentlichen Risikofaktoren sind zunehmendes Alter, Rauchen und männliches Geschlecht [4].

## **Ätiologie**

Im Bereich von arteriellen Gefäßen entsteht diese Erweiterung durch eine angeborene oder erworbene Schwäche der Gefäßwand. Die Ätiologien hierfür sind vielfältig, beispielsweise spielen Arteriosklerose oder genetische Erkrankungen wie das Marfan-Syndrom eine Rolle [5].

## **Klassifikation**

Die Aortenaneurysmen lassen sich nach deren Lokalisation einteilen:

- Thorakales Aortenaneurysma (TAA): nur oberhalb des Zwerchfells;  
Weiter unterteilt in Aneurysmen der Aorta ascendens, des Aortenbogens und Aorta descendens
- Thorakoabdominelles Aortenaneurysma (TAAA):  
Thorax und Abdomen übergreifend
- Bauchaortenaneurysma (BAA): unterhalb des Zwerchfells;  
Nochmals unterteilt in suprarenal, juxtarenal und infrarenal,  
abhängig zur Lage in Bezug auf die A. lienalis (oberhalb, im Abgang, unterhalb)

Am weitaus häufigsten ist das infrarenale Bauchaortenaneurysma [6].

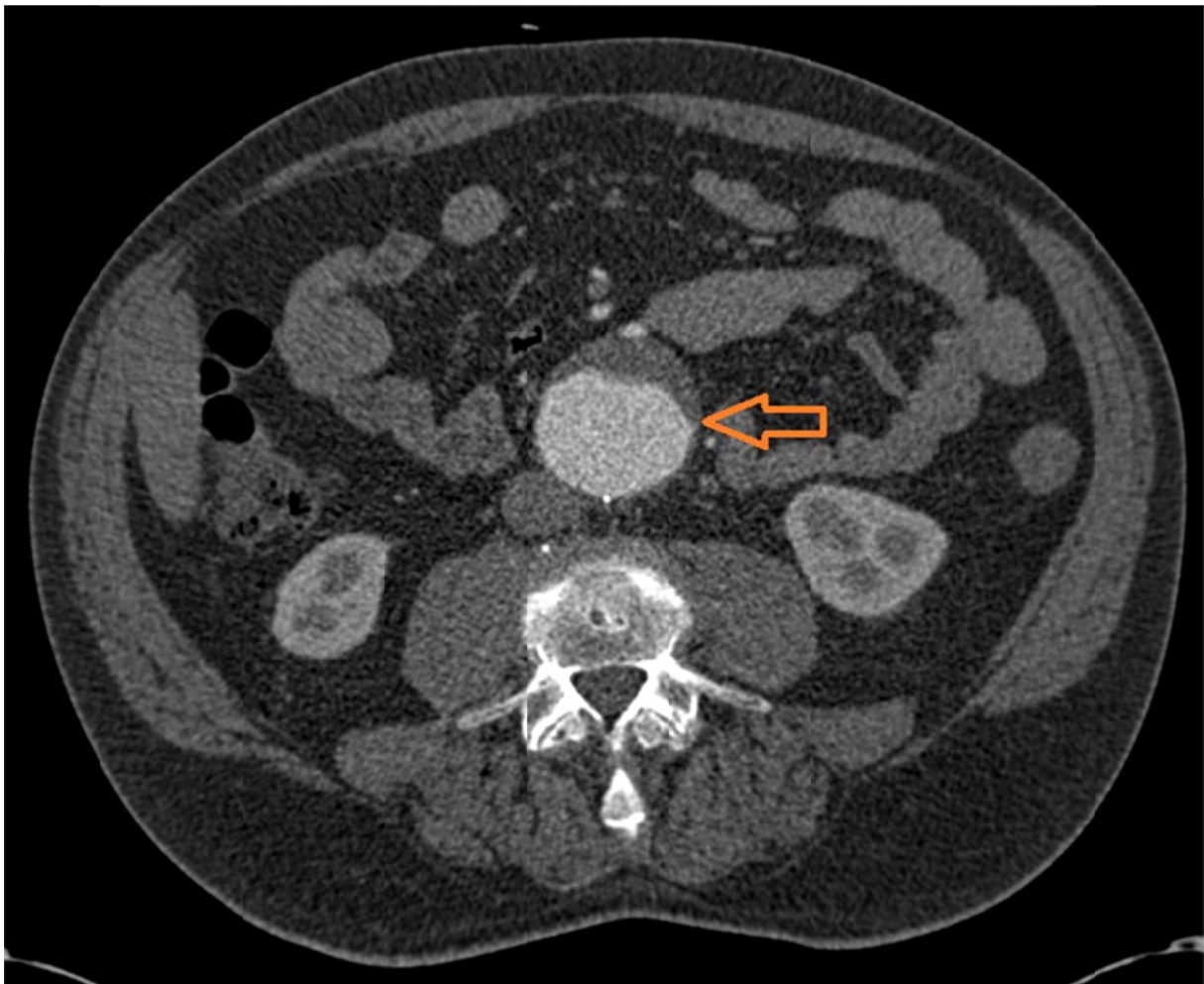
## **Klinik**

Solange umliegende Strukturen nicht verdrängt werden, sind Aortenaneurysmen meist asymptomatisch oder führen zu unspezifischen Symptomen. Es kann sich dabei um Druckgefühl auf der Brust, Rückenschmerzen oder Bauchschmerzen handeln. Meist treten spezifische Symptome erst bei einer Ruptur oder Dissektion auf, wobei es rasch zur hämodynamischen Instabilität des Patienten kommen kann.

## Diagnostik

In der körperlichen Untersuchung können ein pulsierender Tumor im Abdomen tastbar oder auch ein Strömungsgeräusch über der Aorta auskultierbar sein.

Apparative Untersuchungen sind wichtig zur Verlaufskontrolle und Therapieplanung. Einen besonderen Stellenwert hat hier die Sonographie, da sie ohne Strahlenbelastung auskommt und sich so als Screening Methode eignet. Für die Therapieplanung ist allerdings eine CTA oder MR-Angiographie die Methode der Wahl, um das Aortenlumen, die eventuell aus dem Aneurysma abgehenden Gefäße, Thromben und arteriosklerotische Veränderungen einschätzen zu können [5].

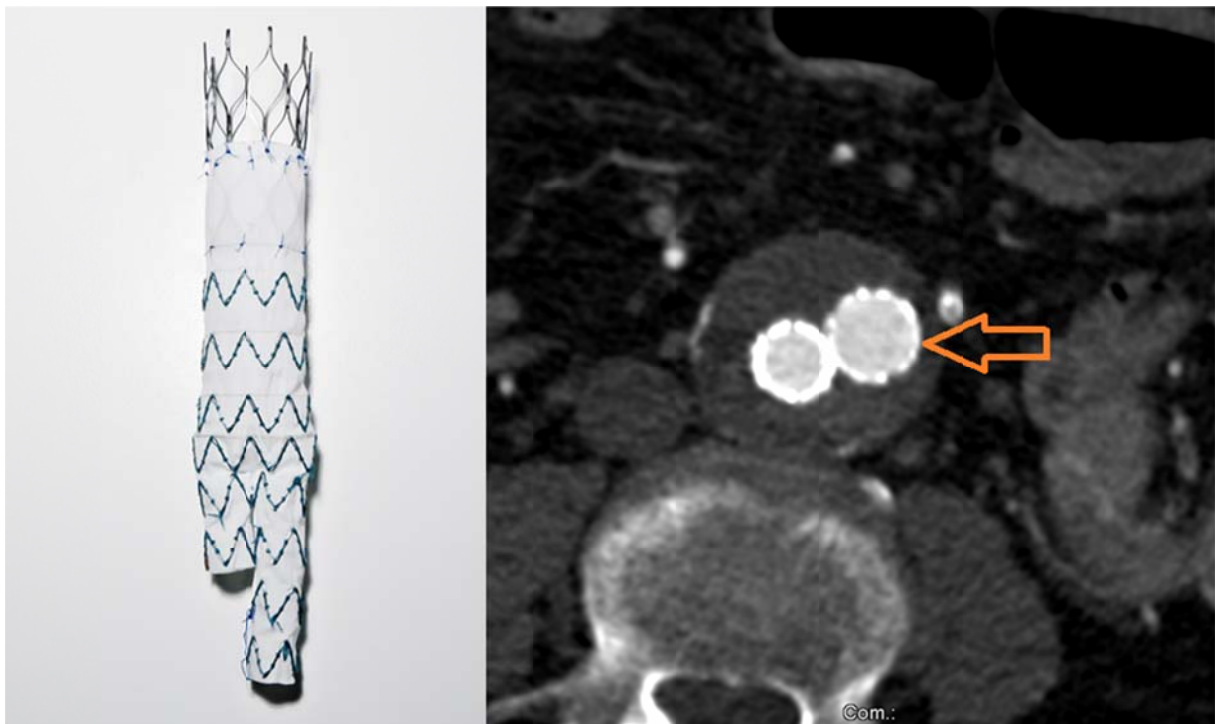


**Abbildung 1:** CTA eines 66-jährigen Patienten mit infrarenalem Aortenaneurysma (Pfeil)

## Therapie

Die konservative Therapie zielt auf die Minimierung kardiovaskulärer Risikofaktoren ab, dazu zählt eine optimale Blutdruckeinstellung sowie Nikotinkarenz.

Bei asymptomatischen BAA  $>5\text{cm}$  oder Größenprogredienz  $>1\text{cm/Jahr}$  und asymptomatischen TAA  $>5,5\text{cm}$  oder Größenprogredienz  $>0,5\text{cm/Jahr}$  besteht eine Therapie-Indikation. Methode der Wahl ist die offene Implantation einer Rohr- oder Y-Prothese oder die Implantation einer endovaskulär eingebrachten Stentprothese [5].



**Abbildung 2:** Links: Zenith Endoprothese der Firma Cook; Rechts: CTA eines 64-jährigen Patienten nach EVAR bei Bauchaortenaneurysma. Die Prothese kommt im thrombosierte Lumen der abdominalen Aorta zur Darstellung (Pfeil).

## Komplikationen

Im Falle einer Ruptur treten heftigste Schmerzen mit schneller hämodynamischen Instabilität auf. Dieses Krankheitsbild weist eine hohe Letalität auf. Je weiter proximal das Aneurysma lokalisiert ist, desto höher ist die Rupturgefahr, wobei bei distalen Aneurysmen die Gefahr der peripheren Embolie steigt [7].

### **2.1.2. Aortendissektion**

Die Aortendissektion ist die maximale Ausprägung des Akuten Aortensyndroms (AAS) und akut lebensbedrohlich. Neben der Aortendissektion zählen auch das Intramurale Aortenhämatom und das Penetrierende Aortenulkus (PAU) zum AAS. Alle Erkrankungen aus dem Formenkreis des AAS sind sehr selten, aber mit hoher Letalität vergesellschaftet. Im Falle einer Aortendissektion kommt es zu einer Aufspaltung der beiden Gefäßwandabschnitte Intima und Media und darauffolgend zu einem Bluteinstrom in diesen neuen Raum, der dann zu einem falschen Lumen wird. Ein PAU entsteht oft dem Boden eines arteriosklerotischen Plaques und einer sich anschließenden Ulzeration der Intima. Zu den Risikofaktoren zählen Arteriosklerose, Hypertonus sowie genetische Faktoren [2, 3, 5, 7–9].

#### **Definition**

Eine Aortendissektion tritt auf, wenn bei einem Einriss der Intima der Aorta Blut zwischen Intima und Media einströmt, sich vorwühlt und damit ein zweites, falsches Lumen entsteht. Gegebenenfalls kann es einen Wiedereintrittspunkt, genannt Reentry, geben.

#### **Epidemiologie**

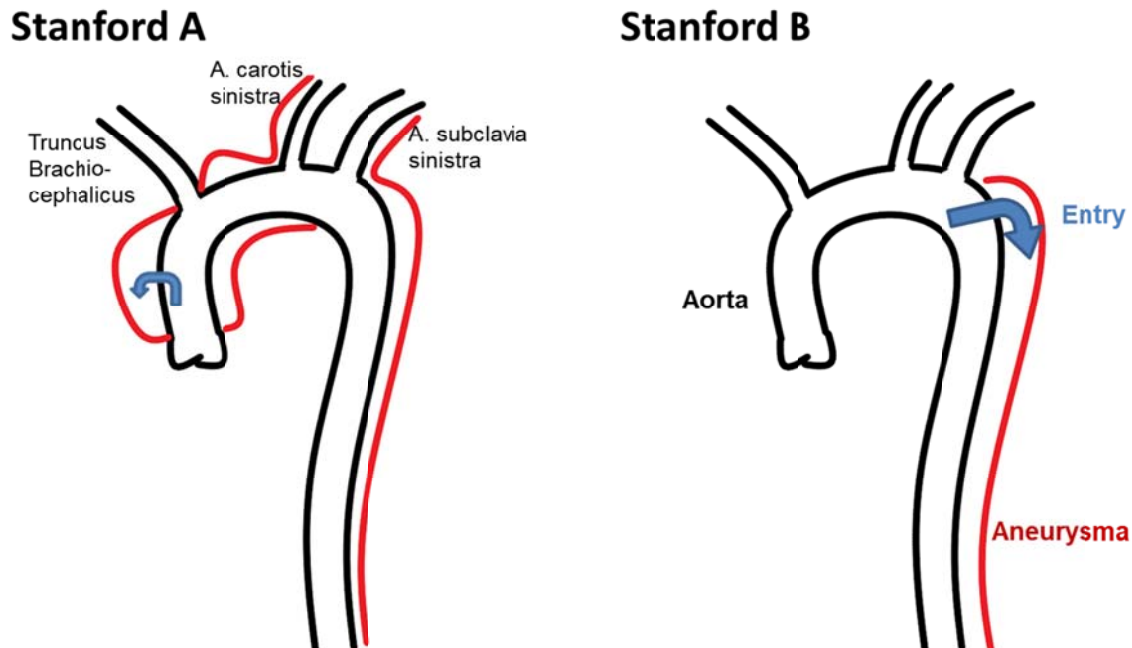
Eine akute Aortendissektion tritt bei etwa 3 von 100.000 Fällen pro Jahr auf. Betroffen sind meist Patienten männlichen Geschlechts und höheren Alters. Prädisponierend sind ebenfalls genetische Erkrankungen mit gestörter Bindegewebsstruktur wie das Marfan-Syndrom [9].

#### **Ätiologie**

Die Risikofaktoren für eine Aortendissektion sind vielfältig, dazu zählen genetische Erkrankungen, arterieller Hypertonus, ein bestehendes Aortenaneurysma, Arteriosklerose sowie inflammatorische Prozesse an der Aorta. Andere Auslöser können eine iatrogene Verletzung oder ein Dezelerationstrauma, vor allem im Rahmen von Verkehrsunfällen sein [9].

## Klassifikation

Die in der Klinik gebräuchlichste Einteilung der Aortendissektion erfolgt nach Stanford. Stanford A beschreibt eine Aortendissektion, die im Bereich der Aorta Ascendens oder des Aortenbogens beginnt. Stanford B hingegen beschreibt eine Dissektion distal der A. subclavia sinistra [9].



**Abbildung 3:** Klassifikation von Aortendissektionen

## Klinik

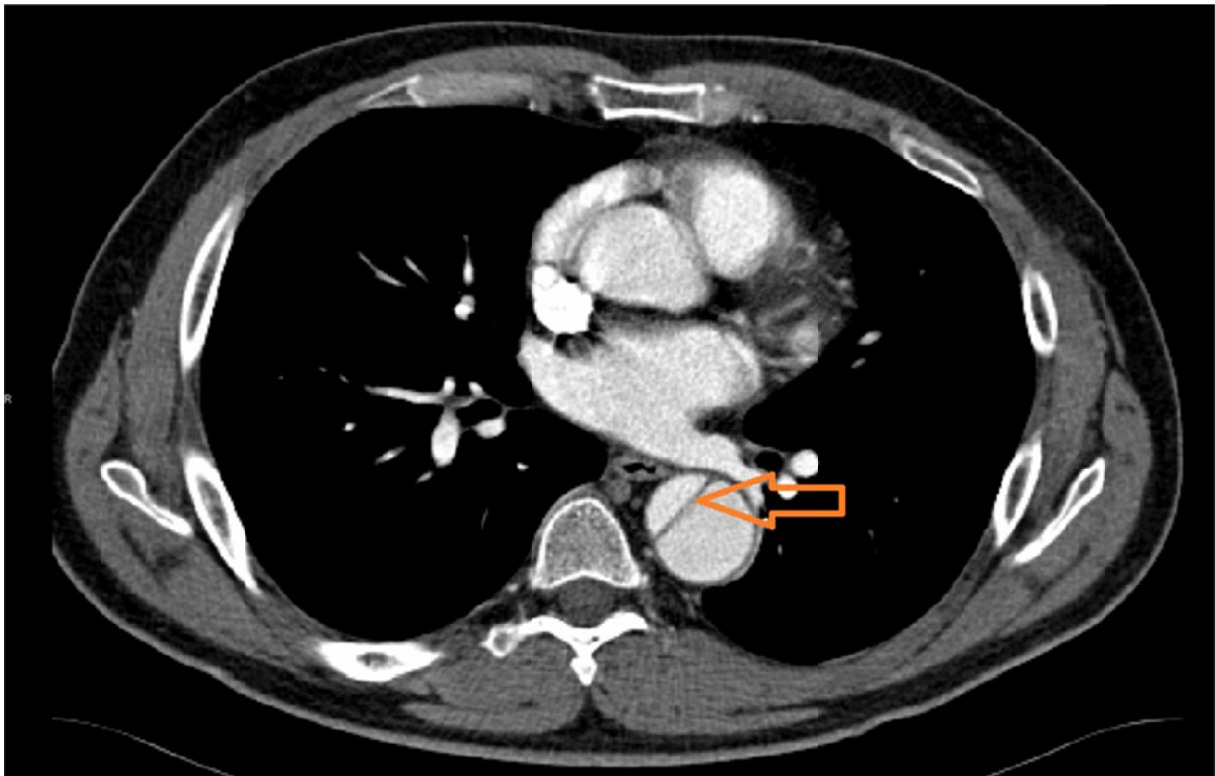
Patienten berichten über einen „Vernichtungsschmerz“, der je nach Lokalisation meist thorakal beginnt und dann mit Fortschreiten der Dissektion nach distal wandert. Abhängig von der Lokalisation und ob von der Aorta abgehende Arterien verlegt werden, kommt es zur Malperfusion der abhängigen Organe und zusätzlich zu Symptomen, der dann ischämischen Organe. Bei Dissektionen Typ Stanford A kann es zusätzlich zur Perikardtamponade kommen, bei akuter Blutung zum hämorrhagischen Schock [9].

## Diagnostik

Die Diagnostik beginnt mit der körperlichen Untersuchung. Hierbei können im Falle einer Aortendissektion und je nach deren Lokalisation, Puls- und



Blutdruckunterschiede zwischen beiden Armen oder Arm und Bein gemessen werden. Weitere Zeichen können eine Hypotonie, gestaute Halsvenen oder ein neu aufgetretenes diastolisches Herzgeräusch über der Aortenklappe sein. Im Labor können zur Einschätzung des Ausmaßes des Blutverlustes, der Ätiologie und der Genese, beziehungsweise differentialdiagnostisch D-Dimere, Blutbild, Entzündungsparameter, Troponin, Laktat, eine BGA und noch weitere Parameter bestimmt werden. Ein EKG sollte differentialdiagnostisch zum Ausschluss eines Myokardinfarkts geschrieben werden. Die Methode der Wahl zur Bildgebung ist die CTA, ergänzend kann eine Echokardiographie bei stabilen Patienten durchgeführt werden [9].



**Abbildung 4:** CTA eines 45-jährigen Patienten mit akuten thorakalen Schmerzen. In den axialen Schichten zeigt sich eine Dissektion der thorakalen Aorta (Pfeil).

## Therapie

Therapieentscheidend ist die Klassifikation der Aortendissektion und ob der Patient hämodynamisch stabil ist. Dissektionen Typ Stanford A werden immer offen chirurgisch oder zunehmend auch endovaskulär versorgt, nachdem, wenn möglich,

der Patient initial stabilisiert wurde. Unbehandelt versterben 40-60% dieser Patienten in den ersten 48 Stunden nach Beginn der Symptomatik. Anders ist die Therapie bei Dissektionen Typ Stanford B. Stabile Patienten ohne zusätzliche Symptomatik wie Organischämien werden zunächst nur medikamentös und bei keinem Auftreten von Komplikation ausschließlich konservativ behandelt. Patienten mit Komplikationen werden endovaskulär versorgt [8, 9].

## **Komplikationen**

Bei Typ Stanford A kann es zur Verlegung der Koronararterien kommen und folglich zum Myokardinfarkt, bei Verlegung der Karotiden zum ischämischen Apoplex, außerdem zu einer Aortenklappeninsuffizienz oder zu einer Perikardtamponade. Sowohl bei Stanford A als auch B kann es zur Synkope und gedeckten oder freien Ruptur der Aorta kommen. Des Weiteren können bei Verlegung der darmversorgenden Arterien ein Akutes Abdomen, bei Verlegung der Nierenarterien ein Nierenversagen, der Verlegung der Rückenmarksarterien eine akute Querschnittslähmung, der Verlegung einer Extremitätenarterie eine akute Extremitätenischämie oder bei kompletter Verlegung der Aorta ein Leriche-Syndrom auftreten [8, 10].

### **2.1.3. Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK)**

Die periphere arterielle Verschlusskrankheit beschreibt eine Verengung (Stenose) oder im Extremfall Verschluss (Okklusion) peripherer Arterien, die zur Minderdurchblutung des abhängigen Versorgungsgebiets führt. Meist ist eine Atherosklerose ursächlich, die Folge von arteriellem Hypertonus, Nikotinabusus und Diabetes mellitus ist. Die Erkrankung ist ein chronischer Prozess über mehrere Jahre, selten kommt es auch zu akuten Verschlüssen von Arterien der Extremitäten [2, 3, 11].

#### **Definition**

Die Minderdurchblutung einer Extremität durch eine Stenose oder Okklusion der versorgenden Arterie bezeichnet man als pAVK.

#### **Epidemiologie**

Die pAVK ist eine Erkrankung des Alters mit einer Prävalenz von 15-20% bei über 70-jährigen [11, 12].

#### **Ätiologie**

In 95% aller Fälle ist eine Atherosklerose ursächlich für eine chronische pAVK. Die Risikofaktoren für die Ausbildung dieser wiederum sind arterieller Hypertonus, Nikotinabusus, Diabetes mellitus, Hyperlipid- und Triglyceridämie. In seltenen Fällen sind entzündliche Prozesse, genetische Faktoren oder ein Trauma die Ursache. Akute Verschlüsse entstehen meist durch arterielle Embolien oder lokale Thrombosen [11–13].

#### **Klassifikation**

Die untere Extremität ist mit 90% der Fälle Hauptmanifestationsort der pAVK. Je nach Lokalisation der Engstelle wird in pAVK vom Becken-, Oberschenkel- Unterschenkel- oder Mehretagen-Typ unterschieden [5, 11–14].

## **Klinik**

Die pAVK ist eine langsam progrediente Erkrankung und in frühem Stadium häufig asymptomatisch. Sie wird umgangssprachlich auch als „Schaufensterkrankheit“ bezeichnet, da die betroffenen Patienten belastungsabhängige, krampfartige Ischämieschmerzen bekommen, dann stehenbleiben und zum Kaschieren der Beschwerden in die Ladenfenster blicken. Die Symptomatik tritt immer distal der Stenose auf, da dort eine Minderperfusion herrscht. Bei höhergradigen Stenosen oder Verschlüssen mit Kollateralisierung treten auch Ruheschmerzen auf und im letzten Stadium Ulzera. Auffallend bei der pAVK ist eine blasse, kühle Haut [3, 7, 11–14].

## **Stadien**

Die Stadien der pAVK werden nach Fontaine eingeteilt. Stadium I ist asymptomatisch, aber es besteht bereits eine messbare Stenose. In Stadium IIa kann der Patient noch mehr als 200 Meter schmerzfrei gehen, in Stadium IIb weniger als 200 Meter. Ab Stadium III treten Ruheschmerzen auf. Im Stadium IV zeigen sich trophische Störungen wie Nekrosen und Ulzera [3, 11–15].

## **Diagnostik**

Die Diagnose einer pAVK bedarf einer umfassenden Diagnostik, das Erfragen des Schmerzcharakters und -auftretens, Inspektion, Auskultation und Palpation der betreffenden Arterie und Extremität. Zusätzlich kann eine Ratschow-Lagerungsprobe erfolgen. Zudem sollte der Ankle-Brachial-Index bestimmt werden. Apparativ kann eine Farbduplex-Sonographie, eine MR-/CT-Angiographie oder Digitale Subtraktionsangiographie (DSA) durchgeführt werden [3, 11–15].

## **Therapie**

Die Therapie richtet sich nach dem vorliegenden Stadium der pAVK. In Stadium I wird Nikotinverzicht empfohlen und gegebenenfalls eine medikamentöse Einstellung des arteriellen Hypertonus, des Blutzuckers, der Hyperlipidämie und eine

Thromboseprophylaxe eingeleitet. In Stadium II kommt Gehtraining hinzu, bei hohem Leidensdruck kann bereits eine Revaskularisation erwogen werden. Ab Stadium III ist definitiv eine OP-Indikation zur Revaskularisation gegeben, diese kann operativ oder interventionell erfolgen. Wundkontrollen und -behandlung kommen bei Stadium IV hinzu [2, 3, 11–15].

## **Komplikationen**

Im Rahmen einer Stenose kann es zu einem akuten Verschluss der betroffenen Extremität kommen. Oft treten aufgrund der Grunderkrankung Atherosklerose, die sich an vielen Stellen manifestiert, auch Myokardinfarkte oder ein Apoplex auf. In Stadium IV nach Fontaine kann es zusätzlich zu Wundinfektionen und anschließender Sepsis kommen [2, 3, 11–14].

## **2.2. Bildgebende Diagnostik von Gefäßerkrankungen**

Die Ganzkörperaufnahme mithilfe der Mehrschicht-Spiral-Computertomographie-Angiographie (CTA) ist eine weit verbreitete und die empfohlene Bildgebungsmethode vor endovaskulären oder chirurgischen Eingriffen zur Therapie von Aortenaneurysmen und der arteriellen Verschlusskrankheit der großen Gefäße.

### **2.2.1. Computertomographie**

Seit den 1970ern ist die Computertomographie als nicht invasive Bildgebungsmethode aus der klinischen Routinediagnostik nicht mehr wegzudenken [16]. Die Einführung von CT Scannern war ein großer Schritt nach vorne, weg von der alleinigen Möglichkeit einer konventionellen Röntgenaufnahme, die lediglich ein Überlagerungsbild mit einer schlechten Dichteauflösung aller anatomischen Strukturen im Röntgenstrahl erzeugt. Im Gegensatz dazu wird in einer CT Aufnahme das Scanobjekt überlagerungsfrei und mit hoher Dichteauflösung zwischen den verschiedenen Strukturen im Körper dargestellt [16, 17]. Obwohl mit der Erfindung der Magnetresonanztomographie (MRT) eine nicht invasive Bildgebung ohne Strahlenbelastung möglich wurde, bleibt die CT die am häufigsten eingesetzte Bildgebungsmethode. Gründe hierfür sind kürzere Untersuchungszeiten, niedrigere Kosten und nicht zuletzt unterschiedliche Indikationen für beide Untersuchungen, sowie Selektion der Patienten für die Bildgebung, wie beispielsweise die Vermeidung einer CT Aufnahme bei Kindern [16]. Des Weiteren wurden flächendeckend neue CT Untersuchungsprotokolle eingeführt, um die Strahlendosis pro Aufnahme zu reduzieren und diese werden auch stetig weiterentwickelt [18–20].

### **2.2.2. Technologie**

Jedes CT Gerät besteht aus den Basiskomponenten, die eine Gantry, einen Röntgenstrahler mit dazugehörigem Detektor und dessen Elektronik, einen Hochspannungsgenerator, ein Datenübertragungssystem sowie ein Softwaresystem für Bildrekonstruktion und -bearbeitung beinhalten. Röntgenstrahler und Detektor sind in der Gantry montiert, die um den Patienten auf dem Untersuchungstisch rotiert. Die Schwächung der Röntgenstrahlung durch das Scanobjekt wird dann durch den Detektor gemessen [21].

Das grundlegende Problem der Computertomographie lässt sich wie folgt beschreiben: Die Rekonstruktion eines Objektes anhand seiner Schwächungsprofile der ihn durchlaufenden Röntgenstrahlen [16]. Dieses Problem wurde durch die Einführung der Methode der Rückprojektion der Schwächungsprofile gelöst. Es wird mithilfe der zuvor gewonnen Messwerte ein Bild erzeugt, wobei Stellung des Röntgenstrahlers zum Messobjekt und Richtung des Strahls mit berücksichtigt werden. Dieser Algorithmus wird in allen CT Scannern benutzt. Zuvor wird eine mathematische Faltung beziehungsweise Filterung der Datensätze vorgenommen, um am Ende des Prozesses ein scharfes Bild erstellen zu können [17]. Dabei bestimmt der Filter die späteren Bildeigenschaften. Wird ein „scharfer“ Kernel gewählt, wird die Bildauflösung schärfer, jedoch nimmt auch das Bildrauschen zu, wohingegen ein „weicher“ Kernel beide herabsetzt [21]. Scharfe Kernel eignen sich gut für Gewebe mit hohem Kontrast wie beispielsweise Knochen oder auch die Lunge und werden mit einer Abkürzung wie „B70“ gekennzeichnet. Weiche Kernel werden hingegen eingesetzt, wenn es um die Abgrenzung feiner Dichteunterschiede in den parenchymatösen Oberbauchorganen wie der Leber geht und werden beispielsweise mit „B30“ gekennzeichnet [17].

### **2.2.3. Spiral-CT**

Bis in die frühen 1990er Jahre wurde eine CT Aufnahme durch das Zusammensetzen einzeln nacheinander aufgenommener axialer Schichten angefertigt. Abhängig von der gewählten Schichtdicke wurden durch Bewegungen des Patienten manche anatomische Strukturen gar nicht oder mehrfach dargestellt. Während der Bildaufzeichnung stand der Patiententisch still und wurde danach zur nächsten Schichtposition bewegt, was zu langen Untersuchungszeiten führte [17].

Dies änderte sich grundlegend mit der Einführung des Spiral CTs. Der Untersuchungstisch hier wird kontinuierlich linear durch die rotierende Gantry bewegt, was eine ununterbrochene Bildaufzeichnung ermöglicht und damit Volumendaten generiert, genannt Voxel, ohne doppelte Detektion von anatomischen Strukturen. Der Datensatz aus Voxeln erlaubt es Radiologen, Bilder an jeder beliebiger Stelle in gewünschter Schichtführung, etwa axial, koronar oder sagittal, zu rekonstruieren [17].

### **2.2.4. Multidetektor-CT**

Die nächste Entwicklungsstufe der Computertomographie war die Einführung der Mehrzeilen-Spiral-CTs (MDCT) in den späten 1990ern. Die ersten Geräte dieser Art konnten vier benachbarte Schichten gleichzeitig aufnehmen. Von dem Moment an erfolgte die Weiterentwicklung der Multidetektor-CTs rasant. Es wurden 6-, 8-, 16-, 64- und zuletzt 128-Zeilen-CT Geräte auf den Markt gebracht. Der Aufbau dieser Geräte ist folgender: einer Strahlenquelle sind mehrere Detektoren gegenüber in der Gantry angebracht, die gleichzeitig die Absorptionsprofile der Röntgenstrahlen aufnehmen. Daraus resultierend werden in einer Umdrehung des Röntgenstrahlers um das Messobjekt um 360° mehrere Schichten entsprechend der Detektoranzahl aufgezeichnet. Dies reduziert die Untersuchungszeit erheblich, erlaubt zudem die Wahl einer dünneren Schichtdicke und liefert eine bessere Auflösung, sodass eine präzise dreidimensionale Darstellung des Scanobjekts möglich wird [16, 17].



### **2.2.5. Dual-Source-CT**

Eine Weiterentwicklung der Computertomographie ist die Erfindung der Dual-Source-CTs. In diesen Geräten befinden sich zum Beispiel zwei Strahlenquellen mit den dazugehörigen entgegengesetzt angeordneten Detektoren in einer Gantry. Diese beiden Strahler sind in einem 90°-Winkel zueinander montiert und liefern mit ihren Detektoren gleichzeitig Datensätze. Diese Erfindung verkürzt ebenfalls die Scanzeit und nun wurde sogar die akkurate Abbildung von sich bewegenden Organen wie dem Herzen möglich. Eine weitere Option des Dual-Source-CTs ist die Betreibung der beiden Strahlenquellen mit unterschiedlichen Röhrenspannungen. Diese Technologie erlaubt eine Gewebecharakterisierung und die Unterscheidung von Kontrastmittel von kalzifizierten Plaques sowie Blutvolumenquantifizierung in Kontrastmittel-gestützten Aufnahmen [17, 21, 22].

### **2.2.6. Kontrastmittel**

CT Untersuchungen können in native und Kontrastmittel-gestützte Aufnahmen unterschieden werden. CT Aufnahmen mit Kontrastmittel (KM) können entweder eine Angiographie sein (CTA) oder eine Parenchym-Aufnahme. Während bei einer CTA der maximale Kontrast zwischen dem zu untersuchenden Gefäß und dem umliegenden Gewebe angestrebt wird, wird bei Untersuchungen des Parenchyms versucht, den Kontrast zwischen dem spezifischen Organ und einer möglichen Läsion zu maximieren. Welche von beiden Aufnahmen angefertigt wird, bestimmt sowohl die Applikationsform des Kontrastmittels als auch die Planung der Bildaufnahme [21]. Die CT Scans dieser Studie waren ausschließlich CT Angiographien.

In dieser Studie wurden nicht-ionische Derivate eines dreifach-jodierten-Benzolringes als Kontrastmittel verwendet (z.B. Ultravist 370, Bayer-Schering AG, Berlin, Germany). Es handelt sich dabei um Monomere, die wasserlöslich sind, aber nicht dissoziieren (niederosmolare Kontrastmittel [LOCM]) oder Dimere, die aus zwei Benzolringen bestehen (isoosmolare Kontrastmittel [IOCM]) [21].

Kurze Scanzeiten erfordern eine kurze und schnelle KM-Bolusgabe. Die KM-Verfügbarkeit kann durch einen darauffolgenden Bolus mit Kochsalzlösung erhöht werden. Mit modernen Mehrzeilen-CTs liegt die Untersuchungszeit im Bereich von Sekunden, abhängig von der Größe der Untersuchungsregion und dem Scanprotokoll. Die Scanzeit für eine thorakoabdominelle CTA beträgt in der Regel 10-20 Sekunden [21].

### **2.2.7. Präoperative Planung basierend auf der Computertomographie:**

#### **Die Konsequenzen**

Sowohl für die Planung von endovaskulären, als auch von chirurgischen Eingriffen schließt die computertomographische Aufnahme standardmäßig den Körper vom Hals bis zur Leiste ein. Demzufolge wird das gesamte arterielle System in diesem Bereich abgebildet. Diese Herangehensweise ist notwendig, um den Therapieplan für die bestehende vaskuläre Erkrankung aufstellen zu können [15, 23]. Nicht nur die vaskulären Strukturen werden in der CTA abgebildet, sondern auch vollständig die umgebenden Organe des Thorax, Abdomens und Beckens. Diese müssen deswegen auch sorgfältig betrachtet und auf Unregelmäßigkeiten überprüft werden. Das Ziel dieser Studie war die Evaluation der Prävalenz und der klinischen Signifikanz von unerwarteten extravaskulären Befunden in Ganzkörper-computertomographischen-Angiographie-Scans vor endovaskulärer oder chirurgischer Behandlung von Gefäßpatienten bei einem großen Patientenkollektiv.

### **3. Fragestellung**

Welche Zufallsbefunde sind häufig bei Patienten mit Gefäßerkrankungen zu finden und verdienen damit ein besonderes Augenmerk des Radiologen, der präoperative computertomographische Angiographien bewerten muss?

Zu diesem Zweck wurde in dieser Studie die Prävalenz und klinischen Signifikanz von unerwarteten extravaskulären Befunden in Ganzkörper-computertomographischen-Angiographie-Scans vor endovaskulärer oder chirurgischer Behandlung von Gefäßpatienten bei einem großen Patientenkollektiv retrospektiv evaluiert.

## **4. Material und Methoden**

### **4.1. Ethikvotum**

Diese monozentrische Studie wurde von der örtlichen Ethikkommission mit dem Zeichen 15-104-0197 genehmigt.

### **4.2. Patientenkollektiv**

Mit dem Ziel, ein Patientenkollektiv aus gefäßchirurgischen Patienten vor Interventionen oder chirurgischen Eingriffen zu gewinnen, wurde eine retrospektive Erhebung durchgeführt. Das Kollektiv sollte Patienten der Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums Regensburg, bei denen eine Ganzkörper-CTA durchgeführt wurde, umfassen. Hierfür wurden alle CTA-Scans von Patienten der Gefäßchirurgie reevaluiert, die am Universitätsklinikum Regensburg im Zeitraum von Januar 2004 bis Dezember 2014 durchgeführt wurden und gleichzeitig folgende Einschlusskriterien erfüllten.

#### **4.2.1. Einschlusskriterien:**

1. Ausschließlich die erste verfügbare präoperative CTA wurde eingeschlossen.
2. Extern angefertigte CTA-Scans wurden nicht berücksichtigt.
3. Der CTA Datensatz umfasste komplett Thorax, Abdomen und Becken.

Darauffolgend wurde das Kollektiv auf das Zutreffen von Ausschlusskriterien der Studie geprüft.

#### 4.2.2. Ausschlusskriterien:

1. CT Datensätze mit ausschließlich nativen Aufnahmen (Aufnahmen ohne Verwendung von Kontrastmittel) wurden ausgeschlossen.
2. Es wurden Patienten aussortiert, deren erste Computertomographie außerhalb des Zeitraums von 2004 bis 2014 angefertigt wurde oder es sich bei der ersten Computertomographie um direkt postoperative oder postinterventionelle Aufnahmen handelte.
3. Auch Untersuchungen mittels Flash-CT mit eingeschränktem Field of View wurden nicht in die Studie aufgenommen, sobald wesentliche Organteile nicht abgebildet waren.

Letztendlich wurden 806 Patienten eingeschlossen.

Die Hauptindikationen für die CTA sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1:** Hauptindikationen für Anfertigung einer CTA bei 806 Patienten der Gefäßchirurgie

Hauptindikation für präoperative CTA	n	(%)	Durchschnittsalter (min.-max.)	männliches Geschlecht
Aortenaneurysma	474	(58,8)	71 (36-91)	375 (79,1%)
Aortendissektion	97	(12,0)	57 (20-84)	61 (62,9%)
Penetrierendes Aortenulkus (PAU)	15	(1,9)	72 (56-82)	12 (80,0%)
Arterielle Stenose	141	(17,5)	68 (21-91)	100 (70,9%)
Aorta	18	(2,2)		
Supraaortale Arterien	42	(5,2)		
Viszeralarterien	13	(1,6)		
Iliakalarterien	68	(8,4)		
Emboliequellen-Suche	50	(6,2)	69 (38-90)	26 (52,0%)
Sonstiges	29	(3,6)	70 (46-91)	18 (62,1%)

#### 4.2.3. Mehrschichtige computertomographische Angiographie

Am Universitätsklinikum wurden zwei Geräte zur Anfertigung der Computertomographien verwendet. Dies waren das „Siemens Somatom Flash Dual Source“ und das „Siemens Somatom Sensation 16“ (Abbildung 5).

Das Sensation 16 Gerät entspricht einem sogenannten 16-Zeiler, bei dem einem Strahler 16 Detektoren gegenüberliegen und so mit einer vollen Rotation 16 Schnitte gleichzeitig angefertigt werden. Dies reduziert sowohl Strahlenbelastung und Scanzeit im Vergleich zu einem Gerät mit nur einem Detektor. Konsekutiv werden auch Bewegungsartefakte reduziert [17].

Im Flash Dual Source befinden sich zwei Strahler, die in einem 90° Winkel zueinander stehen und gleichzeitig Aufnahmen produzieren. Hierdurch kann die Scanzeit noch weiter minimiert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit die Röhren mit unterschiedlichen Energieniveaus zu betreiben (Dual-Energy-CT). Daraus können durch Subtraktionsanalyse beispielsweise Kalk und Kontrastmittel voneinander unterschieden werden, die sonst ähnliche Werte bei herkömmlichen Computertomographien aufweisen [17, 22].



**Abbildung 5:** Originalbilder der Geräte zur Erhebung der CTA-Scans in der Universitätsklinik Regensburg; Links: Siemens Somatom Sensation 16; Rechts: Siemens Somatom Flash Dual Source

Für die Durchführung der CT-Angiographie wurde Kontrastmittel intravenös zur Gefäßdarstellung appliziert. Die verwendeten Kontrastmittelsorten waren Accupaque 300 und 350, Ultravist 300 und 370, Imeron 300, Solustrast 300, Visipaque 320 und

Xenetix 300. Orales Kontrastmittel wurde in der Regel nicht verwendet, da gefäßchirurgische Fragestellungen im Vordergrund standen.

Die Scans wurden üblicherweise nach einer Bolusgabe von 90-160 ml nicht-ionischem Kontrastmittel (z.B. Ultravist 370, Bayer-Schering AG, Berlin, Germany) mit einer Flussrate von 3-4 ml/s angefertigt.

Für die Bildanalyse wurden transversale und koronare Schichten mit einer Dicke von 3,00 mm rekonstruiert (Kernel: B26f). Zusätzlich wurden parasagittale Schichten vom Aortenbogen angefertigt, um dort lokalisierte Pathologien besser beurteilen zu können. Des Weiteren wurde für jeden Patienten ein Lungenfenster mit einer Schichtdicke von 5,00 mm berechnet, sowohl in transversalen als auch koronaren Schichten. Alle CTA Datensätze wurden im Picture Archiving and Communication System (PACS) digital gespeichert.

#### **4.2.4. Datenerhebung**

Die Datenerhebung erfolgte durch eine retrospektive Sichtung der radiologischen Befunde der eingeschlossenen Patienten. Dort beschriebene Auffälligkeiten wurden in einer Excel-Tabelle zusammengetragen und kategorisiert nach vaskulären und nicht vaskulären Befunden, Organsystemen und schließlich nach klinisch nicht relevanten und relevanten, beziehungsweise abklärungsbedürftigen oder unmittelbar therapiebedürftigen Befunden.

Follow-up-Untersuchungen wurden mittels SAP ermittelt. Zusätzlich wurden die als abklärungsbedürftig eingeordneten Befunde durch Vergleich der CT-Bilder und Folgeaufnahmen im Programm SyngoVia als letztendlich benigne oder therapiebedürftig klassifiziert.

#### **4.2.5. Erhobene Variablen**

Zunächst wurden die spezifischen Patienteninformationen erfasst. Hierunter fielen Name, Geburtsdatum, CT-Datum, Geschlecht, Fragestellung der CT-Untersuchung,



abgebildete Körperpartien unterteilt in Hals, Thorax, Abdomen und Becken, Oberschenkel und Unterschenkel, verwendetes Kontrastmittel und dessen Menge. Danach wurden die beschriebenen Befunde nach anatomischer Lokalisation geordnet dokumentiert. Dabei bekam jede festgelegte Variable einen Wert zugeteilt, wobei 0 für „keinen Befund bei diesem Patienten“ und 1 für „hat einen Befund“ steht. In jedem Organsystem wurden spezifisch entzündliche, infektiöse, degenerative und neoplastische sowie anderweitige Anomalien unterschieden, denen ebenfalls bei jedem Patienten der Wert 0 oder 1 zugeordnet wurde. Im Falle von mehreren benignen Läsionen desselben Typs bei ein und demselben Patienten, wie beispielsweise multiplen unkomplizierten Nierenzysten, wurde bei der Variablen Nierenzyste Typ I der Wert 1 zugeordnet.

#### **4.2.6. Bildanalyse**

Von den Studienkoordinatoren L. Turowski und Prof. Dr. R. Müller-Wille wurde gemeinsam eine retrospektive Analyse der digital gespeicherten radiologischen Befunde durchgeführt. Professor Dr. Müller-Wille, verfügt mit 14 Jahren über eine langjährige Berufserfahrung und die nötige Expertise für diese Evaluation. Alle CT-Scans wurden ursprünglich von einem Assistenzarzt und einem Facharzt beurteilt. Jeder dokumentierte Zufallsbefund wurde von den Studienkoordinatoren in eine von zwei Gruppen eingeteilt, abhängig von seiner erwarteten klinischen Relevanz. In die erste Gruppe wurden Patienten mit klinisch nicht relevanten Zufallsbefunden eingeteilt, die keine Kontrolluntersuchungen oder weiterführende Therapie benötigten. Die zweite Gruppe schloss Patienten ein, die einen klinisch relevanten Zufallsbefund zeigten, der weitere Untersuchungen oder sofortige Therapie erforderte.

#### **4.2.7. Klassifikation von Zufallsbefunden**

All die unerwarteten Zufallsbefunde wurden zum Zweck einer aussagekräftigen Auswertung klassifiziert. Zunächst wurden diese in vaskuläre und extravaskuläre Befunde eingeteilt, wobei in dieser Studie nur die extravaskulären Befunde weiter verfolgt wurden. Des Weiteren wurde nach anatomischer Lokalisation gruppiert. In

jedem Organsystem wurden spezifisch entzündliche, infektiöse, degenerative und neoplastische sowie anderweitige Anomalien unterschieden. Nach Einteilung aller Befunde in eine solche Kategorie wurden diese in zwei Übergruppen einsortiert, wobei die eine klinisch nicht relevante Zufallsbefunde umfasst, welche weder sofortige Therapie noch Kontrollen erforderten, und in der anderen klinisch relevante Zufallsbefunde zu finden sind, bei denen Kontrolluntersuchungen oder sofortige Therapie indiziert waren.



**Abbildung 6:** Klassifikation von Zufallsbefunden

#### 4.2.8. Klinischer Verlauf

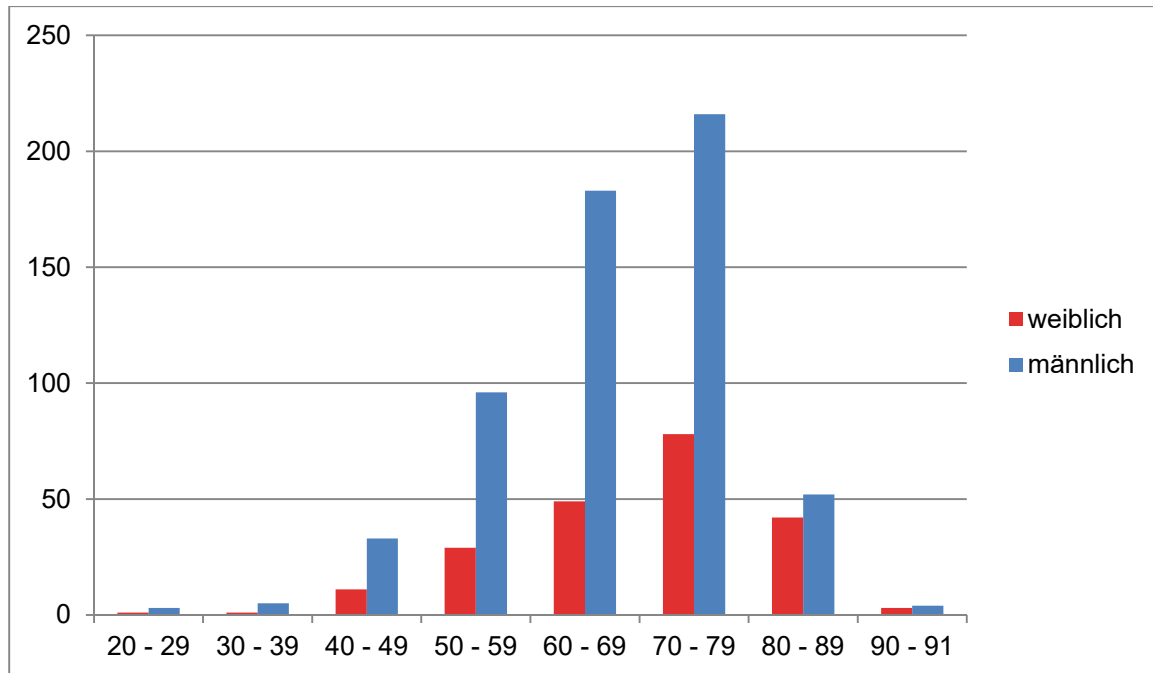
Der weitere Verlauf der Patienten in der zweiten Gruppe wurde mithilfe der medizinischen Datenbank SAP und der Analyse aller folgenden Verlaufsaufnahmen retrospektiv ausgewertet. Nicht kalzifizierte Lungenrundherde wurden retrospektiv gemäß der Leitlinie der Fleischner Society eingeteilt [24]. Lymphknoten > 10mm in der kurzen Achse wurden als relevante Befunde gewertet. Zystische Formationen der Nieren wurden nach der Bosniak Klassifikation [25] kategorisiert. Bereits in der Patientenhistorie bekannte klinisch relevante Befunde wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt, lediglich neu aufgetretene Zufallsbefunde wurden dokumentiert.

#### **4.2.9. Statistische Analyse**

Zur Auswertung wurden der exakte Test nach Fisher und der t-test (zweiseitig) verwendet. Ein p-Wert von 0,05 wurde als statistisch signifikant gewertet. Dateneingabe und -berechnung erfolgten mit Microsoft Office Excel 2010 und dem Softwarepaket SPSS (IBM Corp. Released 2010. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 19.0. Armonk, NY: IBM Corp.).

## 5. Ergebnisse

Im oben genannten Zeitraum erfüllten 806 Patienten (mittleres Alter 67 Jahre, Spannweite 20-91 Jahre) die Einschlusskriterien. Von diesen waren 592 (73,4%) männlichen (mittleres Alter 67 Jahre, Spannweite 20-91 Jahre) und 214 (26,6%) weiblichen Geschlechts (mittleres Alter 70 Jahre, Spannweite 25-91 Jahre).



**Abbildung 7:** Altersverteilung des Patientenkollektivs

Insgesamt wurden 3293 extravaskuläre Zufallsbefunde bei 778 Patienten diagnostiziert (778/806; 96,5%). Die klinisch nicht relevanten und die klinisch relevanten Zufallsbefunde sind in Tabelle 2 und 3 aufgeführt.

## 5.1. Klinisch nicht relevante Befunde

Die Mehrzahl der extravaskulären Zufallsbefunde hatte für die betroffenen Patienten keine weiteren Konsequenzen (3034/3293; 92,1%). Bei 768 Patienten wurden klinisch nicht relevante extravaskuläre Zufallsbefunde festgestellt (768/806; 95,3%). Die am häufigsten aufgetretenen Befunde dieser Art waren degenerative Wirbelsäulenerkrankungen/Arthrose (433/806; 53,7%), benigne, unkomplizierte Nierenzysten (270/806; 33,5%), Struma (227/806; 28,2%) und asymptomatische Kolondivertikulose (202/806; 25,1%) (Tabelle 2).

**Tabelle 2:** klinisch nicht relevante extravaskuläre Befunde

Region	Befund	n	%
<b>Schilddrüse</b>	Struma	227	28,2
<b>Brustwand</b>	Lipom/Atherom/Narben	10	1,2
<b>Brust</b>	Gynäkomastie	24	3,0
	Kalzifikation, Fibroadenom, verdichtetes Gewebe	8	1,0
<b>Mediastinum/Hilum</b>	Hiatushernie	36	4,5
	Ösophagusdivertikel	1	0,1
	Trachealdivertikel	1	0,1
	Lymphozele	1	0,1
	Lymphknoten Kalzifikation / fettige Degeneration	23	2,9
<b>Pleura</b>	Pleuraerguss (klein, keine Behandlung)	70	8,7
	Pleurafibrose und Kalzifikation	17	2,1
<b>Lunge</b>	Pulmonales Emphysem	182	22,6
	Subsegmentale Atelektase	167	20,7
	Parenchymnarbe	167	20,7
	Bronchiektase	9	1,1
	Bronchialwandverdickung (chronische Bronchitis)	3	0,4
	Pulmonale Kaverne	1	0,1
	Pneumatozele	3	0,4
	Nicht-kalzifizierter Rundherd $\leq 4\text{mm}$ (niedrig-Risiko Patient)	26	3,2
	Kalzifiziertes Granulom	52	6,5

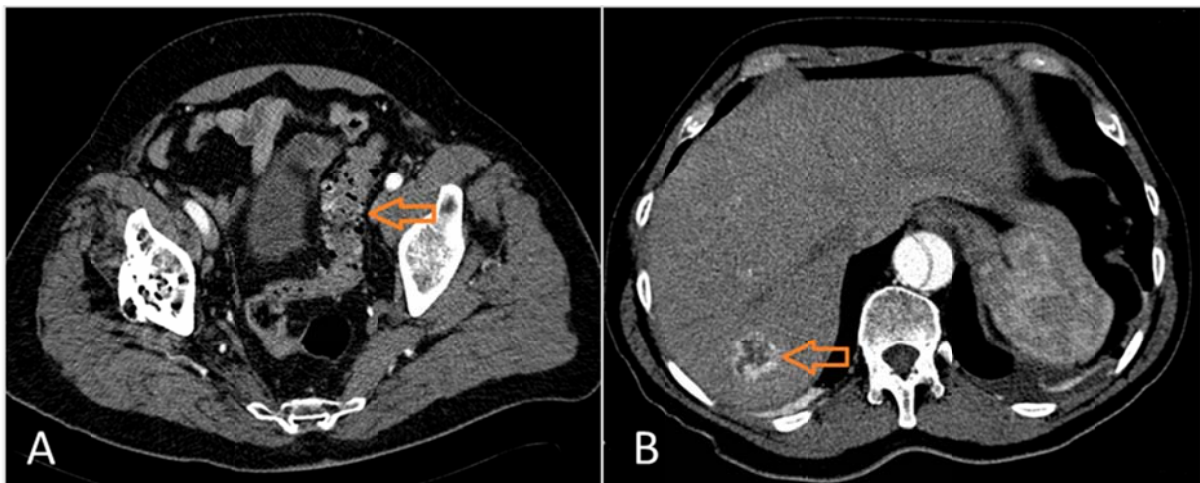
**Tabelle 2:** klinisch nicht relevante extravaskuläre Befunde (Fortsetzung)

Region	Befund	n	%
<b>Leber</b>	Fettleber	44	5,5
	Kalzifikation	12	1,5
	Hepatomegalie	3	0,4
	Leberzyste	103	12,8
	Leberhämangiom	59	7,3
<b>Gallenwege</b>	Cholelithiasis	76	9,4
	Porzellangallenblase	3	0,4
	Aerobilie	2	0,2
<b>Pankreas</b>	Pankreasgangkalzifikation	7	0,9
	Gangdilatation	19	2,4
	Pseudozyste	14	1,7
	Lipathrophie	51	6,3
<b>Milz</b>	Nebenmilz	54	6,7
	Kalzifikation	7	0,9
	Zyste	18	2,2
	Splenose	1	0,1
	Infarkt	4	0,5
<b>Gastrointestinaltrakt</b>	Duodenal-/Jejunal-Divertikel	6	0,7
	Kolondivertikulose	202	25,1
<b>Peritonealraum</b>	Aszites	10	1,2
<b>Mesenterium</b>	Pannikulitis	6	0,7
<b>Retroperitonealraum</b>	Lipom	1	0,1
<b>Nebenniere</b>	Hyperplasie	74	9,2
	Adenom	44	5,5
	Kalzifikation	5	0,6
<b>Niere</b>	Unkomplizierte Nierenzyste (Typ I, II)	270	33,5
	Fokale Parenchymreduktion	57	7,1
	Infarkt	35	4,3
	Hufeisenniere	1	0,1
<b>Harntrakt</b>	Nierenstein (ohne Obstruktion)	19	2,4
	Harnblasendivertikel	4	0,5

**Tabelle 2:** klinisch nicht relevante extravaskuläre Befunde (Fortsetzung)

Region	Befund	n	%
<b>Bauchwand</b>	Hernie	36	4,5
<b>Männliche Geschlechtsorgane</b>	Prostatahyperplasie	87	10,8
	Kalzifikation	57	7,1
	Hydrozele	4	0,5
	Varikozele	1	0,1
	Leistenhernie	3	0,4
<b>Weibliche Geschlechtsorgane</b>	Uterusmyom	20	2,5
	Ovarialzyste	10	1,2
<b>Leiste</b>	Serom	2	0,2
<b>Muskuloskelettal</b>	Degenerative Veränderungen der Wirbelsäule/ Arthrose	433	53,7
	Verheilte Fraktur	79	9,8
	Benigne skelettale Läsionen (Zyste/Osteom)	59	7,3
	Intramuskuläres Lipom	4	0,5

### 5.1.1. Exemplarische Beispiele



**Abbildung 8:** A) CTA eines 73-jährigen männlichen Patienten mit thorakoabdominellem Aortenaneurysma. Nebenfundlich zeigt sich eine Kolondivertikulose; B) CTA eines 67-jährigen männlichen Patienten mit Typ B-Dissektion der thorakalen Aorta. Nebenfundlich zeigt sich ein Leberhämangiom.

## **5.2. Klinisch relevante Befunde**

259 von 3293 Befunde (7,8%) von 205 Patienten (205/806; 25,4%) erforderten eine weitere klinische Abklärung, Bildgebung oder sofortige Behandlung (Tabelle 3). Bei 60,5% dieser Patienten (124/205) befand sich der klinisch relevante Befund im Bereich des Thorax. Die meisten der klinisch relevanten, extravaskulären Befunde waren malignitätsverdächtige Läsionen oder auf ein Malignom hindeutende Zeichen (196/259; 75,7%), diese wurden bei 164 Patienten festgestellt (164/806; 20,3%).

### **5.2.1. Nicht maligne Befunde**

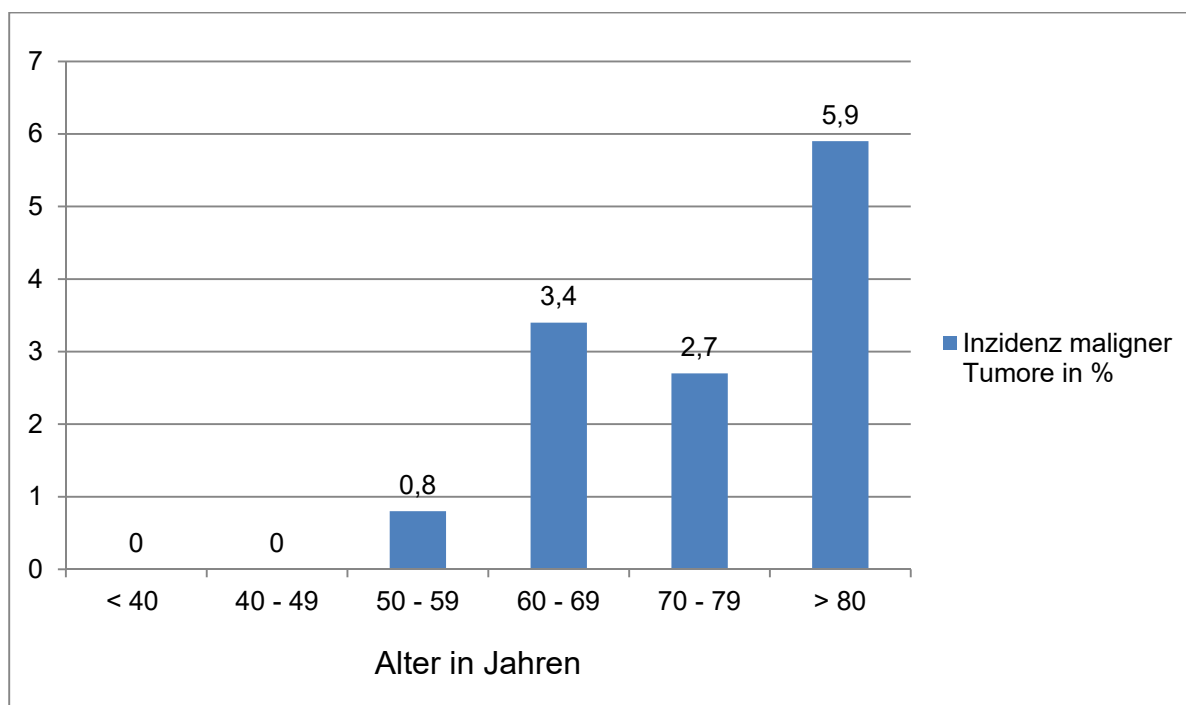
Die Inzidenzen von nicht malignen Befunden sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Veränderungen, verdächtig auf eine pulmonale Infektion, stellten die am häufigsten detektierten klinisch relevanten, nicht malignen Befunde dar (29/806; 3,6%). Nach weiterer Abklärung wurde in elf dieser Fälle mit einer antibiotischen Therapie begonnen (11/29; 37,9%). Bei elf Patienten wurde eine interlobuläre Verdickung der Septen durch ein pulmonales Ödem festgestellt (11/806; 1,4%) und bei all diesen Patienten wurde eine diuretischen Therapie eingeleitet. Sechs Patienten zeigten in der CTA einen ausgedehnten Pleuraerguss (6/806; 0,7%) und ein Patient einen zufällig entdeckten Pneumothorax (1/806; 0,1%), bei allen Patienten wurde eine Thoraxdrainage angelegt. Eine Lungenembolie wurde bei fünf Patienten festgestellt (5/806; 0,6%) und bei allen wurde mit einer antikoagulatorischen Therapie begonnen. Retikuläre Verschattungen, die auf eine Lungenfibrose hindeuten, wurden bei insgesamt vier Patienten detektiert (4/806; 0,5%) und weitere Untersuchungen wurden empfohlen. Im Bereich des Abdomens wurde als klinisch relevanter, nicht maligner Befund bei 4 Patienten ein Harnstau Grad 2 oder höher diagnostiziert (4/806; 0,5%). Des Weiteren zeigten sich bei zwei Patienten frische Rippenbrüche (2/806; 0,2%). Bei einem Patienten wurde eine akute Spondylodiszitis festgestellt (1/806; 0,1%) und darauffolgend mit systemischer antibiotischer Therapie behandelt.



### 5.2.2. Maligne Befunde

Nicht kalzifizierte pulmonale Rundherde stellten die häufigsten potenziell malignen Zufallsbefunde dar (59/806; 7,3%). Bei Hochrisiko Patienten mit Rundherden von  $\leq 6$  mm,  $> 6 - 8$  mm und  $> 8$  mm waren jeweils Follow-up Untersuchungen in 40,0% (2/5), 58,1% (18/31) und 73,9% (17/23) der Fälle abrufbar (Tabelle 3). Ein Bronchialkarzinom wurde bei zehn Patienten diagnostiziert (10/806; 1,2%).

Insgesamt wurde bei 23 (2,9%) Patienten ein bis dahin unbekanntes Malignom diagnostiziert. Die höchste Inzidenz hatte das Bronchialkarzinom (10/806; 1,2%), gefolgt in absteigender Reihenfolge von dem Kolorektalen Karzinom (3/806; 0,4%), Lymphom/Leukämie (2/806; 0,2%), Prostatakarzinom (2/806; 0,2%) und anderen Malignomen, aufgeführt in Tabelle 3. Zeitgleich wurden bei neun Patienten bereits Metastasen gefunden (9/806; 1,1%). Bei Männern traten Malignome etwas häufiger auf als bei Frauen, allerdings war der Unterschied nicht signifikant (3,5% versus 0,9%;  $p = 0,055$ ). Patienten mit einem neu diagnostizierten Malignom waren signifikant älter als Patienten ohne einen malignen Befund ( $72,3 \pm 8,2$  Jahre versus  $67,5 \pm 11,3$  Jahre;  $p = 0,0432$ ) (Abbildung 9).



**Abbildung 9:** Inzidenzen von malignen Tumoren bei 806 Patienten abhängig von der Altersgruppe

**Tabelle 3:** Klinisch relevante extravaskuläre Befunde

Region	Klinisch relevanter extravaskulärer Befund	Anzahl an Patienten		Follow-up Studien durchgeführt		Relevante Diagnose/therapeutische Konsequenzen		
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	
<b>Brustwand</b>	Malignitätsverdächtige Läsion	1	(0,1)	1	(0,1)	0	-	-
<b>Brust</b>	Malignitätsverdächtige Läsion	2	(0,2)	1	(0,1)	0	-	-
<b>Media-stinum &amp; Hilum</b>	Raumforderung/Lymphnotenvergrößerung (>1cm)	17	(2,1)	11	(1,4)	1	(0,1)	Leukämie
						1	(0,1)	Lymphom
						1	(0,1)	Thymuskarzinom
						3	(0,4)	Metastase
	Ösophaguswandverdickung	7	(0,9)	4	(0,5)	4	(0,5)	Ösophagitis: Protonenpumpen-Inhibitoren
<b>Pleura</b>	Massiver Pleuraerguss	6	(0,7)	6	(0,7)	6	(0,7)	Pleuradrainage
	Pneumothorax	1	(0,1)	1	(0,1)	1	(0,1)	Pleuradrainage

**Tabelle 3:** Klinisch relevante extravaskuläre Befunde (Fortsetzung)

Region	Klinisch relevanter extravaskulärer Befund	Anzahl an Patienten		Follow-up Studien durchgeführt		Relevante Diagnose/therapeutische Konsequenzen		
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	
<b>Lunge</b>	Interlobuläre Septenverdickung	11	(1,4)	11	(1,4)	6	(0,7)	Lungenödem: Diuretika
	Füllungsdefekt in den Pulmonalarterien	5	(0,6)	5	(0,6)	5	(0,6)	Lungenembolie: Antikoagulation
	Retikuläre Verschattung (Fibrose)	4	(0,5)	1	(0,1)	0	-	-
	Tree in bud	4	(0,5)	4	(0,5)	2	(0,2)	Infektiöse Bronchiolitis: Antibiotika
	Milchglasverschattung	3	(0,4)	3	(0,4)	1	(0,1)	Infektiöse Pneumonie: Antibiotika
	Konsolidierung	22	(2,7)	22	(2,7)	8	(1,0)	Infektiöse Pneumonie: Antibiotika
	Nicht-kalzifizierter Rundherd/ Raumforderung							
	≤ 6 mm (hoch-Risiko Patienten)	5	(0,6)	2	(0,2)	0	-	-
	> 6 - 8 mm	31	(3,8)	18	(2,2)	1	(0,1)	Metastase
	> 8 mm	23	(2,9)	17	(2,1)	2	(0,2)	Metastase
						10	(1,2)	Bronchialkarzinom
<b>Leber</b>	Malignitätsverdächtige Läsion	8	(1,0)	6	(0,7)	3	(0,4)	Metastase
<b>Gallenwege</b>	Gangdilatation	3	(0,4)	3	(0,4)	1	(0,1)	Papillenstenose: Papillotomie
	Gallenblasenwandverdickung	3	(0,4)	3	(0,4)	1	(0,1)	Cholezystitis: Cholezystektomie

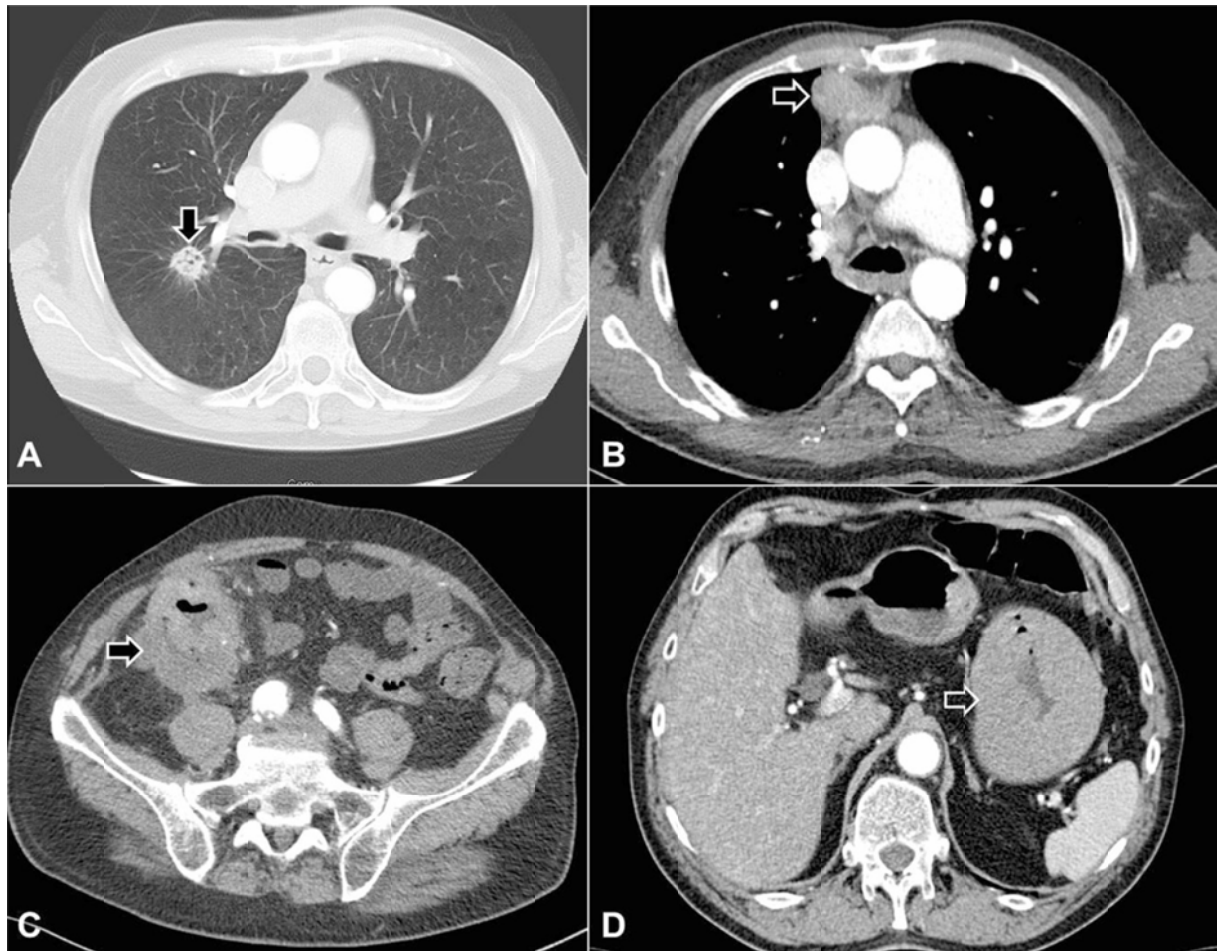
**Tabelle 3:** Klinisch relevante extravaskuläre Befunde (Fortsetzung)

Region	Klinisch relevanter extravaskulärer Befund	Anzahl an Patienten		Follow-up Studien durchgeführt		Relevante Diagnose/therapeutische Konsequenzen		
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	
<b>Pankreas</b>	Malignitätsverdächtige Läsion	6	(0,7)	3	(0,4)	0	-	-
<b>Milz</b>	Splenomegalie	8	(1,0)	5	(0,6)	0	-	-
	Malignitätsverdächtige Läsion	2	(0,2)	1	(0,1)	0	-	-
<b>Gastro-intestinal-trakt</b>	Verdickung der Magenwand	2	(0,2)	2	(0,2)	1	(0,1)	Neuro-endokrines Karzinom
	Verdickung der Dünndarmwand	2	(0,2)	1	(0,1)	0	-	-
	Verdickung der Dickdarmwand	13	(1,6)	12	(1,5)	1	(0,1)	Nekrose der Darmwand
						2	(0,1)	Kolorektales Karzinom/ hochgradige Dysplasie
						2	(0,2)	Kolitis
<b>Mesenterium</b>	Vergrößerte Lymphknoten	5	(0,6)	3	(0,4)	1	(0,1)	Metastase
<b>Retro-peritoneal-raum</b>	Vergrößerte Lymphknoten	4	(0,5)	4	(0,5)	0	-	-
<b>Nebenniere</b>	Malignitätsverdächtige Läsion	9	(1,1)	7	(0,9)	1	(0,1)	Metastase

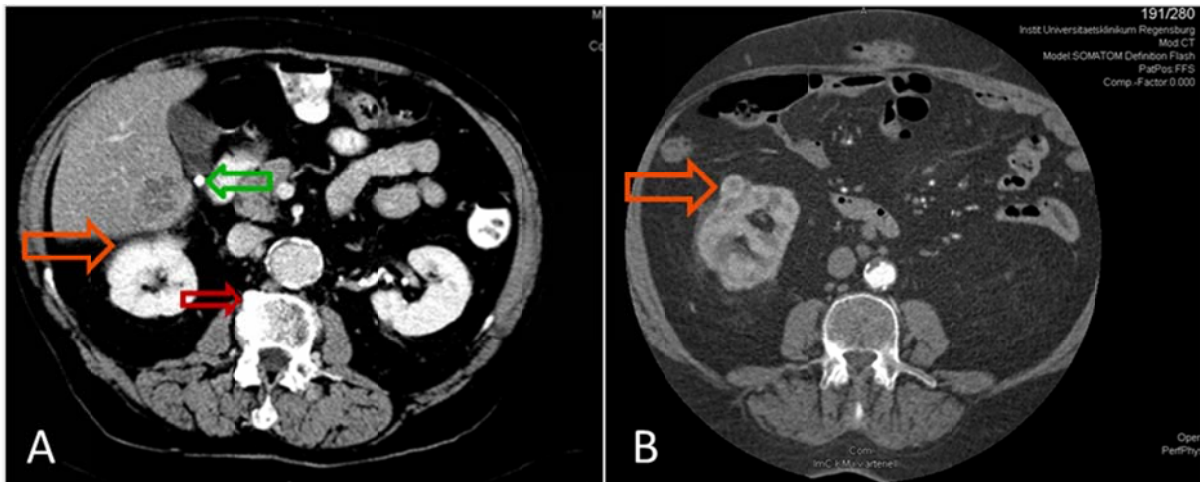
**Tabelle 3:** Klinisch relevante extravaskuläre Befunde (Fortsetzung)

Region	Klinisch relevanter extravaskulärer Befund	Anzahl an Patienten		Follow-up Studien durchgeführt		Relevante Diagnose/therapeutische Konsequenzen		
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	
<b>Niere</b>	Zystische Läsion (≥ Bosniak IIF)	13	(1,6)	5	(0,6)	0	-	-
	Solide malignitätsverdächtige Läsion	18	(2,2)	9	(1,1)	1	(0,1)	Nierenzellkarzinom
<b>Harntrakt</b>	Harnstau (≥ Grad II)	4	(0,6)	3	(0,5)	0	-	
	Malignitätsverdächtige Läsion	1	(0,1)	1	(0,1)	1	(0,1)	Urothelkarzinom
	Verdickung der Harnblasenwand	10	(1,2)	2	(0,2)	1	(0,1)	Urothelkarzinom der Harnblase
<b>Muskuloskelettal</b>	Frische Fraktur (Rippe)	2	(0,2)	2	(0,2)	0	-	Medikamentöse Therapie: Schmerzmittel/ -management
	Spondylodiszitis	1	(0,1)	1	(0,1)	1	(0,1)	Medikamentöse Therapie: Antibiotika
	Malignitätsverdächtige Läsion (osteolytisch/osteoplastisch)	3	(0,4)	3	(0,4)	3	(0,4)	Metastase

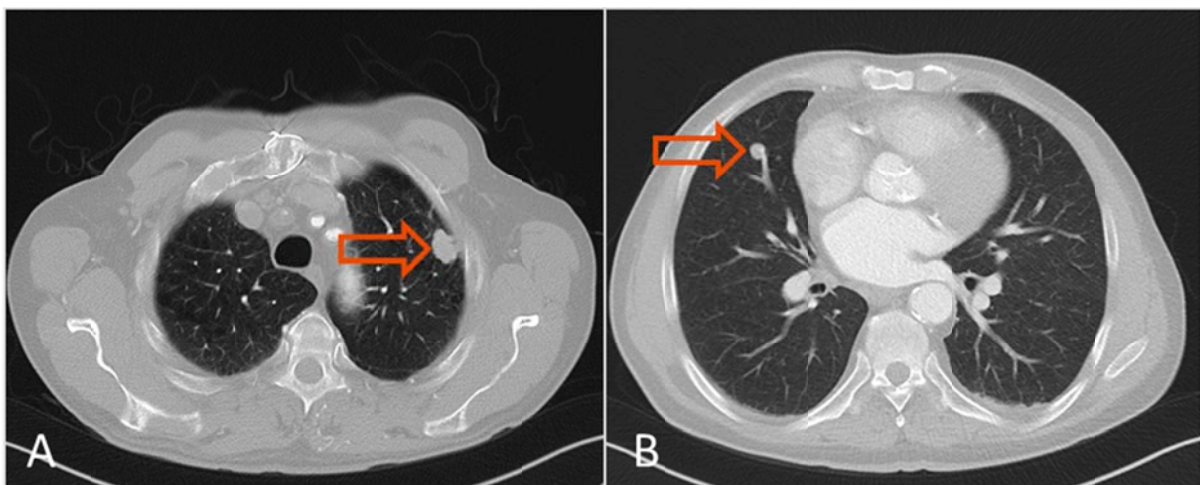
### 5.2.3. Exemplarische Beispiele



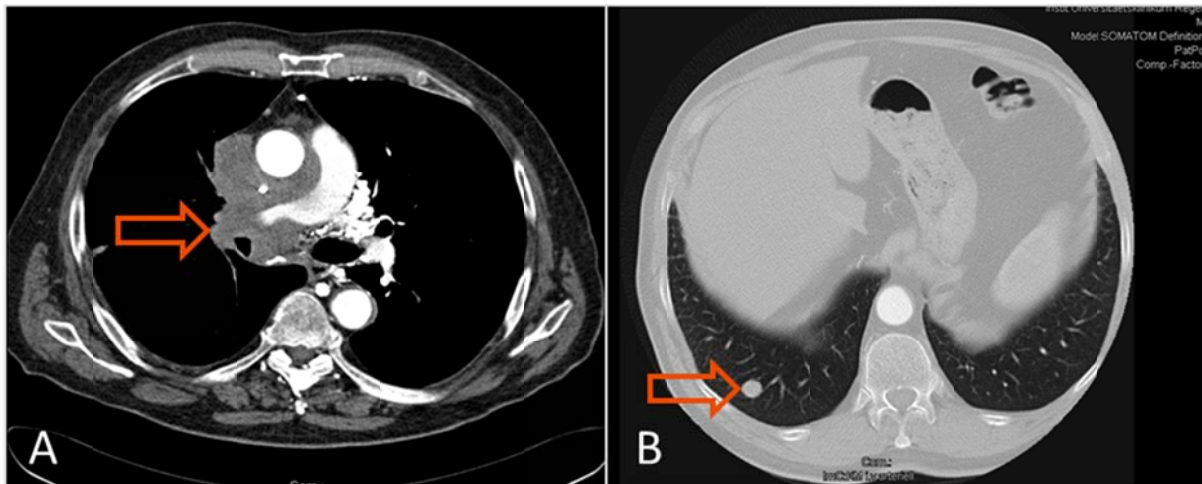
**Abbildung 10:** A) CTA eines 62-jährigen männlichen Patienten mit aortoiliakaler Verschlusskrankheit. Im Lungenfenster zeigt sich eine spikulierte Masse im rechten Oberlappen (Pfeil); B) CTA eines 62-jährigen männlichen Patienten mit Verdacht auf Aortenaneurysma. Auf axialen Schichten des Thorax zeigt sich eine suspekte Raumforderung im vorderen Mediastinum (Pfeil). Später wurde in der Biopsie ein Thymuskarzinom nachgewiesen. C) CTA eines 73-jährigen männlichen Patienten mit Marfan-Syndrom und Aortendissektion. Nebebefundlich zeigt sich eine Verdickung der Zökumwand, eine spätere endoskopische Biopsie sicherte die Diagnose Kolorektales Karzinom. D) CTA eines 61-jährigen männlichen Patienten mit Magenwandverdickung aufgrund eines Neuroendokrinen Karzinoms.



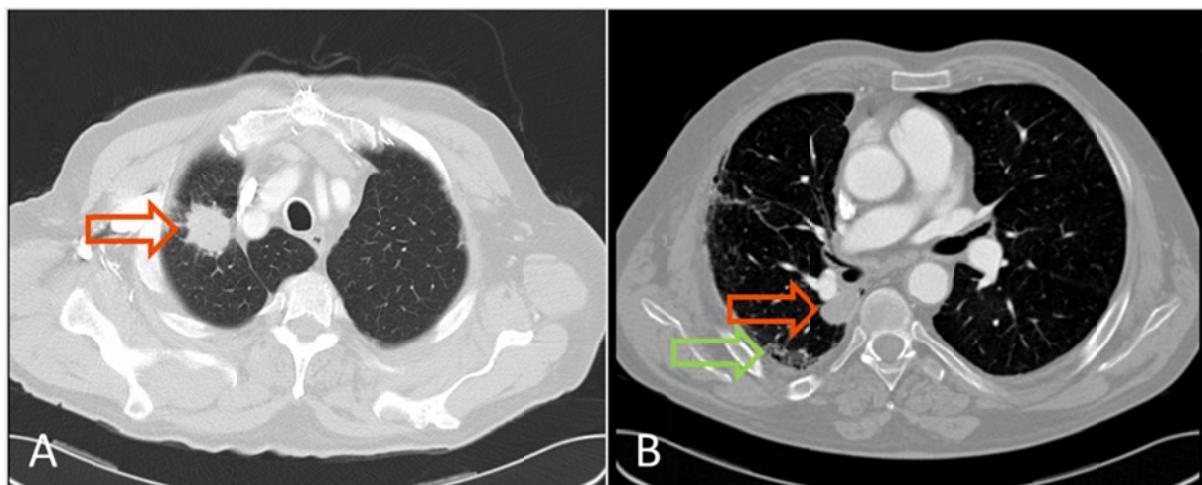
**Abbildung 11:** A) CTA eines 72-jährigen männlichen Patienten mit thorakoabdominellem Aortenaneurysma und Z.n. Sigma-Karzinom mit Resektion. Auf den axialen Schichten zeigen sich Lebermetastasen, eine Lungenmetastase, ein Gallenstein in der Gallenblase (grüner Pfeil), perirenale Fettgewebsinjektion (orangener Pfeil), sowie degenerative Veränderungen der Brustwirbelsäule (roter Pfeil); B) CTA eines 68-jährigen männlichen Patienten mit supra-renalem Bauchaortenaneurysma. Nebenfundlich zeigt sich ein in der Obduktion gesichertes Nierenzellkarzinom.



**Abbildung 12:** A) CTA eines 69-jährigen männlichen Patienten mit V.a. Truncus brachiocephalicus Verschluss und Stenose der A. subclavia sinistra. Nebenfundlich zeigt sich ein Adenokarzinom im linken Oberlappen; B) CTA eines 64-jährigen männlichen Patienten mit Bauchaortenaneurysma. Nebenfundlich zeigt sich ein Lungenrundherd, der eine Metastase des gleichzeitig diagnostizierten Thymus-Plattenepithel-Karzinoms darstellt.

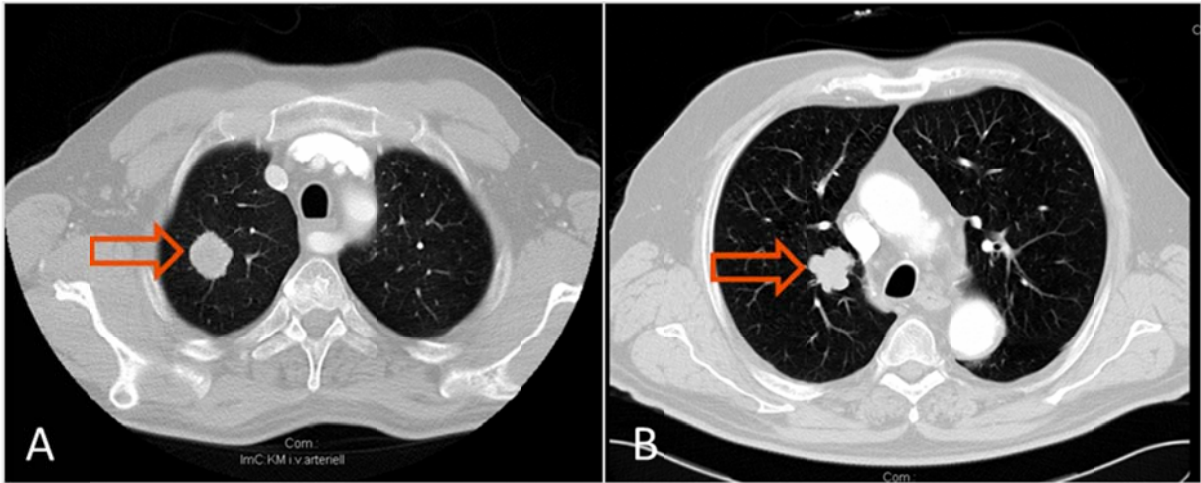


**Abbildung 13:** A) CTA eines 73-jährigen männlichen Patienten mit abdominellem Aortenaneurysma und Iliakalaneurysma. Nebenfundlich zeigt sich ein zentrales Bronchialkarzinom rechts mit ausgedehnter mediastinaler Metastasierung und hochgradiger Komprimierung der Vena cava superior mit Umgehungskreisläufen; B) CTA eines 82-jährigen männlichen Patienten mit infrarenalem Aortenaneurysma. Nebenfundlich zeigt sich ein Lungenrundherd, der sich im Verlauf als nicht progredient darstellt.



**Abbildung 14:** A) CTA eines 81-jährigen männlichen Patienten mit Infrarenalem Aortenaneurysma, nebenfundlich zeigt sich ein Bronchialkarzinom; B) CTA eines 77-jährigen männlichen Patienten mit abdominellem Aortenaneurysma mit Iliakalbeteiligung. Nebenfundlich zeigt sich ein Lungenrundherd, in der Biopsie wurde die Diagnose Nicht-kleinzelliges Bronchialkarzinom (NSCLC) gesichert (orangener Pfeil), zusätzlich zeigt sich ein oberlappenbetontes zentroazinäres Lungenemphysem (grüner Pfeil).





**Abbildung 15:** A) CTA eines 56-jährigen männlichen Patienten mit infrarenalem Aortenaneurysma. Nebenfundlich zeigt sich ein Bronchialkarzinom; B) CTA eines 72-jährigen männlichen Patienten mit Bauchaortenaneurysma. Nebenfundlich zeigt sich ein Lungenrundherd, in der Biopsie wurde die Diagnose Kleinzelliges Bronchialkarzinom (SCLC) gesichert.

## 6. Diskussion

Die computertomographische Angiographie (CTA) ist die Standardmethode für die Abklärung von Patienten mit Gefäßerkrankungen vor einem endovaskulären oder chirurgischen Eingriff [15, 23]. Besonders für die Planung des Einsatzes eines Aortenstentgrafts ist eine präoperative CTA obligat. Die dafür angefertigten Scans der gesamten Aorta mit den davon entspringenden großen Arterien bilden fast den gesamten Thorax, das Abdomen und Becken ab. Aus diesem Grund müssen Radiologen auf unerwartete, klinisch relevante extravaskuläre Zufallsbefunde achten. Diese Informationen können ohne zusätzliche Strahlendosis aus den Bildern abgelesen werden. Die Entdeckung solcher relevanten Pathologien kann zu weiterer Diagnostik und weiteren Therapieschritten führen.

Nahezu alle Patienten der Studienpopulation zeigten einen oder gar mehrere unerwartete, extravaskuläre Zufallsbefunde in der Ganzkörper-CTA. Bei einem Viertel der Patienten wurde ein unerwarteter, klinisch relevanter extravaskulärer Zufallsbefund entdeckt. Die meisten dieser Befunde waren im Bereich des Thorax lokalisiert (60,5%). Dazu zählten Pneumonien, interstitielle Lungenödeme, ausgeprägte Pleuraergüsse sowie Lungenembolien. Ein Bronchialkarzinom wurde bei 1,2% der Patienten diagnostiziert.

Diese Studie zeigt ähnliche Ergebnisse, wie jene, die von Indes und Kollegen veröffentlicht wurden. Sie untersuchten den klinischen Verlauf von 82 Patienten der Gefäßchirurgie, die eine Ganzkörper-CTA vor und nach endovaskulärer Aneurysma Reparatur (EVAR) erhielten [26]. Bei 89% der Patienten fanden sie einen oder mehrere Zufallsbefunde, 19% waren klinisch signifikant. Der häufigste klinisch relevante Zufallsbefund war eine Raumforderung in der Lunge bei insgesamt 4,8% der Patienten. Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen, gab es bei den Patienten von Indes und Kollegen eine leicht erhöhte Rate von klinisch relevanten Zufallsbefunden bei Frauen. Der Altersdurchschnitt der beiden Patientenpopulationen ist gering und nicht signifikant (76,1 vs. 75,5 Jahre) und damit gut vergleichbar. Allerdings war unsere Studienpopulation zehnfach größer als deren Patientenzahl.

Mit den Ergebnissen von anderen Studien, die nur CT Scans von der Aorta abdominalis und den unteren Extremitäten analysieren, ist unsere Studie dagegen nicht vergleichbar [27–30].

In großen Studien, die Veränderungen der Herzkranzgefäße mittels Elektronenstrahl-CT (EBCT) oder Mehrzeilendetektor-CT (MDCT) untersuchten, war die Inzidenz für ein Bronchialkarzinom circa 0,01 – 0,4% [31–35]. Allerdings wurde in diesen Studien die Inzidenz für Pathologien der Lunge möglicherweise unterschätzt aus den folgenden Gründen: Erstens wurden EBCT und MDCT des Herzens mit einem kleinen Messfeld (field of view) angefertigt [31, 34, 35]. Somit wurden laterale und apikale Teile der Lunge nicht dargestellt und dort möglicherweise liegende Lungenrundherde nicht erfasst. Zweitens wurde nicht immer routinemäßig extra ein Lungenfenster mit berechnet [31, 34]. Dagegen wurde in unserer Studie immer ein Lungenfenster mit berechnet und zur Analyse durch den Radiologen bereitgestellt. Allerdings ist die Hauptursache für die relativ hohe Rate an Bronchialkarzinomen in unserer Studienpopulation vermutlich das Patientenalter. Die Patienten der Gefäßchirurgie, die in unsere Studie eingeschlossen wurden, waren im Mittel etwa zehn Jahre älter als die Patienten in den oben erwähnten großen Studien der Herzkranzgefäße, denn diese hatten ein Durchschnittsalter von unter 60 Jahren [33–35].

Wenn man den Fokus auf das Patientenalter legt, ist unsere Patientenpopulation sehr gut mit Patienten aus Studien vergleichbar, die eine CTA vor einem kathetergestützten Aortenklappenersatz (TAVI) bekommen haben [29, 36–38]. In der TAVI Studie von Ben-Dor et al. betrug die Rate an unerwarteten malignen Zufallsbefunden 4,2%. 1,2% der Patienten bekamen die Diagnose Bronchialkarzinom [29].

Unsere Studie hat folgende Einschränkungen:

- Es wurden lediglich die offiziellen primären radiologischen Befunde evaluiert, es gab jedoch keine zweite Überprüfung der originalen CT Bilder.
- Da es bei manchen Patienten nur unvollständige Kontrolluntersuchungen gab, wurde die tatsächliche Zahl an malignen Befunden eventuell unterschätzt. Dies ist besonders kritisch zu sehen bei Patienten mit nicht kalzifizierten Rundherden in der Lunge, welche eine Folge-Bildgebung in 24 Monaten erfordern. Nichtsdestotrotz hatten 17 von 23 Patienten (74%) mit einem Rundherd > 8 mm vollständige Kontrolluntersuchungen erhalten, welche für diese Studie evaluierbar waren.
- Eine weitere Schwäche dieser Studie ist die Schichtdicke des Lungenfensters, die mit 5 mm möglicherweise zu Unterschätzung der wahren Größe von kleinen pulmonalen Rundherden geführt hat.
- Das Fehlen einer standardmäßigen portalvenösen Phase in unserem CTA Protokoll im Sinne der Strahlenreduktion beeinträchtigt womöglich die Detektion von Raumforderungen in den parenchymatösen Oberbauchorganen, vor allem der Leber.
- Zuletzt war es nicht Teil dieser Studie, ob und wie viele Änderungen oder Verzögerungen des Therapieplans es gab. Auch die Steigerung der Therapiekosten durch die Detektion von Zufallsbefunden wurde nicht evaluiert, wie es in anderen Studien der Fall war [28, 38].

## 7. Conclusio

Mit einer immer weiter steigender Zahl an chirurgischen und interventionellen Eingriffen wird die präoperativ durchgeführte CTA bei älteren, gefäßchirurgischen Patienten eine Vielzahl an unerwarteten extravaskulären Zufallsbefunden aufdecken, die den klinischen Verlauf des Patienten verändern können. Diese Tatsache unterstreicht die Notwendigkeit einer sorgfältigen und umfassenden Analyse jeder CTA dieses Patientenkollektivs von einem erfahrenen Radiologen. Besonderes Augenmerk ist hierbei auf Malignome der Lunge zu legen, da diese Tumorentität die höchste Inzidenz in unserer Studienpopulation hatte (10/806; 1,2%), die aus Patienten mit Gefäßerkrankungen bestand.

## 8. Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
AAS	Akutes Aortensyndrom
BAA	Bauchaortenaneurysma
CT	Computertomographie
CTA	Computertomographische Angiographie
KM	Kontrastmittel
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
TAA	Thorakales Aortenaneurysma
TAAA	Thorakoabdominelles Aortenaneurysma
V.a.	Verdacht auf
Z.n.	Zustand nach

## 9. Literatur

- <sup>1</sup> Henne-Bruns D, Barth E, Hrsg. Chirurgie: 292 Tabellen. 4 Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012
- <sup>2</sup> Müller M. Chirurgie: Für Studium und Praxis : unter Berücksichtigung des Gegenstandskataloges und der mündlichen Examina in den Ärztlichen Prüfungen. 14 Aufl. Breisach: Medizinische Verlags- und Informationsdienste; 2018
- <sup>3</sup> Herold G. Innere Medizin 2017: Eine vorlesungsorientierte Darstellung ; unter Berücksichtigung des Gegenstandskataloges für die Ärztliche Prüfung ; mit ICD 10-Schlüssel im Text und Stichwortverzeichnis; 2017
- <sup>4</sup> Debus ES. S3-Leitlinie zum Screening, Diagnostik Therapie und Nachsorge des Bauchaortenaneurysmas
- <sup>5</sup> Börm Bruckmeier Verlag, Deutsche Gesellschaft für Kardiologie. Aortenerkrankungen. Grünwald: Börm Bruckmeier Verlag GmbH; 2015
- <sup>6</sup> Erbel R, Eggebrecht H, Falk V et al. Kommentar zur 2014-Leitlinie der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) zur Diagnose und Therapie von Aortenerkrankungen. Kardiologie; DOI: 10.1007/s12181-015-0018-4
- <sup>7</sup> Siewert JR, Allgöwer M. Chirurgie. 7 Aufl. Berlin u.a.: Springer; 2001
- <sup>8</sup> Weigang E, Nienaber CA, Rehders TC et al. Management of patients with aortic dissection. Dtsch Arztebl Int; DOI: 10.3238/arztebl.2008.0639
- <sup>9</sup> Nienaber C, Clough RE. Management of acute aortic dissection. The lancet <London> 2015; 385 (9970): 800 – 811
- <sup>10</sup> Kardiologie-Herz-Kreislaufforschung TF„P“dDGf, Leick J, Hamm C, Böning A, Vollert J, Radke P, Möckel M. „Standard operating procedures“ zur Diagnostik und Therapie des akuten Aortensyndroms
- <sup>11</sup> Periphere arterielle Verschlusskrankheit: Epidemiologie, Komorbidität und Prognose
- <sup>12</sup> Lawall H, Huppert P, Rümenapf G. Diagnostik, Therapie und Nachsorge der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit: S3-Leitlinie PAVK. Bern: Hogrefe; 2016
- <sup>13</sup> Ludwig M, Rieger J, Ruppert V. Gefäßmedizin in Klinik und Praxis: Leitlinienorientierte Angiologie, Gefäßchirurgie und interventionelle Radiologie. 2 Aufl. Stuttgart: Thieme; 2010

- <sup>14</sup> Pilger E, Hrsg. Arterielle Gefäßerkrankungen : Standards in Klinik, Diagnostik und Therapie ; 27 Tabellen. Stuttgart u.a.: Thieme; 2002
- <sup>15</sup> Anderson JL, Halperin JL, Albert NM et al. Management of patients with peripheral artery disease (compilation of 2005 and 2011 ACCF/AHA guideline recommendations): a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Circulation; DOI: 10.1161/CIR.0b013e31828b82aa
- <sup>16</sup> Buzug TM. Computed tomography: From photon statistics to modern cone beam CT ; with 10 tables. Berlin, Heidelberg: Springer; 2008
- <sup>17</sup> Alkadhi H, Leschka S, Stolzmann P, Scheffel H. Wie funktioniert CT?: Eine Einführung in Physik, Funktionsweise und klinische Anwendungen der Computertomographie. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg; 2011
- <sup>18</sup> Greess H, Lutze J, Nömayr A et al. Dose reduction in subsecond multislice spiral CT examination of children by online tube current modulation. Eur Radiol; DOI: 10.1007/s00330-004-2301-9
- <sup>19</sup> Mulkens TH, Bellinck P, Baeyaert M et al. Use of an automatic exposure control mechanism for dose optimization in multi-detector row CT examinations: clinical evaluation. Radiology; DOI: 10.1148/radiol.2363041220
- <sup>20</sup> Greess H, Wolf H, Suess C et al. Dosisautomatik bei der Mehrzeilenspiral-CT: Phantommessungen und klinische Ergebnisse. Rofo; DOI: 10.1055/s-2004-813183
- <sup>21</sup> Saba L, Suri JS. Multi-Detector CT Imaging: Principles, Head, Neck, and Vascular Systems. Hoboken: Taylor and Francis; 2013
- <sup>22</sup> *Martin Petersilka, Herbert Bruder, Bernhard Krauss, Karl Stierstorfer, Thomas G. Flohr.* Technical principles of dual source 2008. European Journal of Radiology; DOI: 10.1016/j.ejrad.2008.08.013
- <sup>23</sup> Moll FL, Powell JT, Fraedrich G et al. Management of abdominal aortic aneurysms clinical practice guidelines of the European society for vascular surgery. Eur J Vasc Endovasc Surg; DOI: 10.1016/j.ejvs.2010.09.011
- <sup>24</sup> MacMahon H, Naidich DP, Goo JM et al. Guidelines for Management of Incidental Pulmonary Nodules Detected on CT Images: From the Fleischner Society 2017. Radiology; DOI: 10.1148/radiol.2017161659



- <sup>25</sup> Israel GM, Bosniak MA. How I do it: evaluating renal masses. *Radiology*; DOI: 10.1148/radiol.2362040218
- <sup>26</sup> Indes JE, Lipsitz EC, Veith FJ et al. Incidence and significance of nonaneurysmal-related computed tomography scan findings in patients undergoing endovascular aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*; DOI: 10.1016/j.jvs.2008.03.057
- <sup>27</sup> Naidu SG, Hara AK, Brandis AR et al. Incidence of highly important extravascular findings detected on CT angiography of the abdominal aorta and the lower extremities. *AJR Am J Roentgenol*; DOI: 10.2214/AJR.09.3538
- <sup>28</sup> McDougal JL, Valentine RJ, Josephs S et al. Computed tomographic angiography has added value in patients with vascular disease. *J Vasc Surg*; DOI: 10.1016/j.jvs.2006.06.028
- <sup>29</sup> Ben-Dor I, Waksman R, Hanna NN et al. Utility of radiologic review for noncardiac findings on multislice computed tomography in patients with severe aortic stenosis evaluated for transcatheter aortic valve implantation. *Am J Cardiol*; DOI: 10.1016/j.amjcard.2009.12.071
- <sup>30</sup> Belgrano M, Pozzi Mucelli F, Spadacci A et al. Prevalence of extravascular collateral findings during 64-slice CT angiography of the abdominal aorta and lower limbs. *Radiol Med*; DOI: 10.1007/s11547-010-0557-5
- <sup>31</sup> Mueller J, Jeudy J, Poston R et al. Cardiac CT angiography after coronary bypass surgery: prevalence of incidental findings. *AJR Am J Roentgenol*; DOI: 10.2214/AJR.06.0736
- <sup>32</sup> Onuma Y, Tanabe K, Nakazawa G et al. Noncardiac findings in cardiac imaging with multidetector computed tomography. *J Am Coll Cardiol*; DOI: 10.1016/j.jacc.2006.04.071
- <sup>33</sup> Machaalany J, Yam Y, Ruddy TD et al. Potential clinical and economic consequences of noncardiac incidental findings on cardiac computed tomography. *J Am Coll Cardiol*; DOI: 10.1016/j.jacc.2009.06.026
- <sup>34</sup> Hunold P, Schmermund A, Seibel RM et al. Prevalence and clinical significance of accidental findings in electron-beam tomographic scans for coronary artery calcification. *Eur Heart J*; DOI: 10.1053/euhj.2000.2586
- <sup>35</sup> Horton KM, Post WS, Blumenthal RS et al. Prevalence of significant noncardiac findings on electron-beam computed tomography coronary artery calcium screening examinations. *Circulation* 2002; 106 (5): 532 – 534

- <sup>36</sup> Staab W, Bergau L, Lotz J et al. Prevalence of noncardiac findings in computed tomography angiography before transcatheter aortic valve replacement. *J Cardiovasc Comput Tomogr*; DOI: 10.1016/j.jcct.2014.03.004
- <sup>37</sup> Gufler H, Schulze CG, Wagner S. Incidental findings in computed tomographic angiography for planning percutaneous aortic valve replacement: advanced age, increased cancer prevalence? *Acta Radiol*; DOI: 10.1177/0284185113500164
- <sup>38</sup> Goitein O, Di Segni E, Eshet Y et al. Non-Valvular Findings before Trans-Catheter Aortic Valve Implantation and their Impact on the Procedure. *Isr Med Assoc J* 2015; 17 (12): 764 – 767

## 10. Danksagung

Mein Dank gilt allen Mitwirkenden dieser Dissertation, vor allem Prof. Dr. Stroszczyński, der mir die Gelegenheit gab, die Datenerhebung, -auswertung und das Verfassen der Arbeit in seinem Institut zu vollenden. Im Besonderen gilt auch mein Dank Prof. Dr. Müller-Wille, der die Entwicklung und das Vorankommen dieser Arbeit entscheidend gefördert, sowie die Vorstellung der Ergebnisse auf dem Deutschen Röntgenkongress 2016 in Leipzig ermöglicht hat. Zusätzlich danke ich allen Kollegen der Radiologie, Gefäßchirurgie und IT, die an dieser Dissertation mitgewirkt und mich während meiner Arbeit vielseitig unterstützt haben.

Für die jahrelange Unterstützung beim Herausarbeiten dieser Dissertation möchte ich auch meinen Kommilitonen, Freunden und meiner Familie bedanken.

Abschließend bedanke ich mich bei meiner Mutter, die mir das Medizinstudium ermöglicht hat.

# 11. Lebenslauf

## Persönliche Daten

Larissa Turowski

Mintropstr. 10, 40215 Düsseldorf, Germany

+49 15253479039, larissa.turowski@gmx.de

## Karriere

Aug 2019 bis heute

Ärztin in Weiterbildung

für Unfallchirurgie/Orthopädie und Sportmedizin

im Johanna-Etienne Krankenhaus Neuss

## Ausbildung

2011 - 2019

Studium der Humanmedizin und Promotionsstudium  
an der Universität Regensburg

Jun 2018

3. Staatsexamen

Apr 2017

2. Staatsexamen

Jan 2015

Wahlfach: Plastische und wiederherstellende  
Gesichtschirurgie (1.0)

Sept 2013

Physikum

2002 - 2011

Abitur

am Albertus-Magnus Gymnasium Regensburg (1.1)

## Praktika

15/05/2017 - 15/04/2018

Praktisches Jahr

15/05/2017 - 03/09/2017

I. Tertial in der Inneren Medizin

im Krankenhaus Barmherzige Brüder Regensburg

04/09/2017 - 29/10/2017

II. Tertial in der Chirurgie Teil 1

im Seoul National University Hospital, Seoul,  
Südkorea

30/10/2017 - 24/12/2017

II. Tertial in der Chirurgie Teil 2

im Universitätsklinikum Regensburg

25/12/2017 - 15/04/2018

III. Tertial in der Orthopädie

im Cho Ray Hospital, Ho-Chi-Minh-City, Vietnam

21/11 - 02/12/2016	Famulatur in der Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Regensburg (UKR)
01/08 - 31/08/2016	Famulatur in den Abteilungen für Plastische und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Thammasat, Thailand
09/02 - 09/03/2016	Famulatur in der Unfallchirurgie (UKR)
01/09 - 30/09/2015	Famulatur in der Praxis einer niedergelassenen Pädiaterin mit Zusatzqualifikationen für Pädiatrische Hämatologie, Onkologie und Palliativmedizin
05/09 - 05/10/2014	Famulatur in der Radiologie (UKR)
17/02 - 18/03/2014	Famulatur in der Interdisziplinären Notaufnahme (UKR)
01/11/2011 - 31/01/2013	Studentische Hilfskraft in der Gefäßchirurgie (UKR)
05/09 - 16/09/2011	Laborpraktikum bei der AMGEN Research GmbH
03/08 - 02/09/2011	OP-Praktikum in der Gefäßchirurgie (UKR)
03/05 - 31/07/2011	Krankenpflegepraktikum in der Gefäßchirurgie (UKR)
07/04 - 11/04/2008	Kinderkrankenpflegepraktikum an der Klinik St. Hedwig

## **Sprachen**

Deutsch:	Muttersprache
Englisch:	fließend (Niveau C1)
Latein:	Latinum
Spanisch:	Basiswissen (Niveau A1)

## **Außerkurrikulare Aktivitäten und Erfolge**

2013 – 2019	Trainer für Kickboxen im Hochschulsport der Universität Regensburg
2011 - 2018	Stipendium des Max-Weber Programms Bayern

## **12. Veröffentlichung**

### **Kongressbeitrag**

Ein Teil der Ergebnisse wurde dem 97. Röntgenkongress 2016 in Leipzig vorgestellt:

- Turowski L, Dollinger M, Stroszczyński C, Wohlgemuth W, Müller-Wille R. CT-Angiografie vor EVAR der thorakalen und abdominalen Aorta (WISS 302.6). 97. Deutscher Röntgenkongress, Leipzig, 06. Mai 2016

### **Original Publikation**

Die Ergebnisse der Arbeit wurden in der RÖFo veröffentlicht:

- Turowski LS, Dollinger M, Wohlgemuth WA, Wildgruber M, Beyer LP, Pfister K, Stroszczyński C, Müller-Wille R. Preoperative computed tomography angiography (CTA) of the body in vascular patients: prevalence and significance of unsuspected extravascular findings. Rofo. 2019;191(8):716-724